4e Année — N° 21 — Juin 1937

ANNALES DE PHYSIQUE DU GLOBE DE LA FRANCE D'OUTRE-MER

(Météorologie, Séismologie, Magnétisme terrestre, Océanographie, Volcanologie, Hydrologie)

Paraissant tous les deux mois

SOMMAIRE

Ciels de la France d'Outre-Mer.
Vents de sable et brumes sèches dans la région du lac Tchad.
Le bleu du ciel, le trouble atmosphérique et la visibilité.
Nuages produits par des feux en Océanie.
La conductibilité électrique de l'air à la Martinique.
La Montagne Pelée depuis 1934.
L'écoulement fluvial.
Les eaux thermales d'Absalon (Martinique).
La période de transition mai-juin 1936 sur la côte du Sénégal et de la Mauritanie.
Détermination rapide d'ordonnées moyennes.
Notes et informations.
Bibliographie.

PARIS Ve
LAROSE ÉDITEUR
11, RUE VICTOR-COUSIN

Prix du Numéro : 9 francs

ANNALES DE PHYSIQUE DU GLOBE DE LA FRANCE D'OUTRE-MER

LAROSE, Éditeur,

11, Rue Victor-Cousin, PARIS (Ve)

-:- Téléphone : Odéon 32-70 -:-

Chèques postaux : Paris 428.81

PRIX DE L'ABONNEMENT ANNUEL

(6 numéros)

FRANCE ET COLONIES FRANÇAISES. . .	50 francs.
ETRANGER	60 francs.

Les abonnements sont payables d'avance à la souscription.

Chaque changement d'adresse
doit être accompagné de 1 franc en timbres-poste.

Prix des collections 1934, 1935 et 1936, l'une.	60 francs.
Prix du N° isolé de ces collections..	12 francs.

Tous droits de reproduction réservés

Les Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-Mer sont publiées sous les auspices du *Conseil de Perfectionnement des Services de Physique du Globe des Colonies,* et sous la direction de M. Henry Hubert, Inspecteur Général du Service Météorologique Colonial.

Chaque numéro contient des mémoires originaux, une chronique des questions de Physique du Globe intéressant les Colonies françaises et une revue bibliographique.

Les Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-Mer résument les recherches et observations faites par les météorologistes coloniaux et présentées dans les publications locales ; elles abordent en outre soit des études spéciales n'ayant pu trouver place dans ces publications, soit — et cela de préférence — des travaux d'ensemble concernant des groupes ou la totalité de nos territoires extérieurs. Elles se proposent de faire ressortir la variété et la nouveauté des recherches de Physique du Globe entreprises dans nos possessions lointaines et de réaliser une présentation synthétique des questions, considérées dans le cadre très vaste de notre domaine colonial.

Les numéros de l'année 1937 sont publiés à l'aide d'une subvention de la Fondation Loutreuil (Académie des Sciences) et de subventions officielles.

J. AURICOSTE

Horloger de la Marine de l'État ;
de l'Observatoire du Bureau des Longitudes
et du Service Géographique de l'Armée

10, Rue La Boëtie, **PARIS**

Téléph. : Anjou 25-60

Études
Projets
et
Devis
gratuits
sur demande

Installation
de
Centres Horaires
—
Distribution
d'heure

HORLOGERIE DE HAUTE PRÉCISION
:-: PENDULES ASTRONOMIQUES :-:
:-: CHRONOMÈTRES DE MARINE :-:
CHRONOGRAPHES-COMPTEURS
:-: HORLOGERIE ÉLECTRIQUE :-:
Construction — Réparations

Vents de sable et brumes sèches dans la région du lac Tchad (1935-36 et 1936-37)

Les brumes sèches, et surtout les vents de sable, sont, parmi les phénomènes dangereux pour l'aviation, ceux dont il est le plus difficile de prévoir l'apparition, l'intensité et la durée. C'est pourquoi, bien que de nombreuses études aient été déjà consacrées aux observations de ces météores en A. O. F., nous croyons utile de résumer ici les données qui ont pu être réunies sur ce sujet, au cours de deux années d'observations au Tchad.

Nous nous occuperons exclusivement des vents de sable observés *en régime de saison sèche*, en dehors de toute manifestation à caractère orageux. En effet, les vents de sable qui précèdent les orages, ou qui apparaissent au cours du passage des grains secs, ne sont qu'une des nombreuses manifestations propres aux grains orageux et ne présentent nullement les caractères des vents de sable véritables ; en particulier, ils sont étroitement localisés sur le front du grain et leur passage est toujours de courte durée (une trentaine de minutes tout au plus).

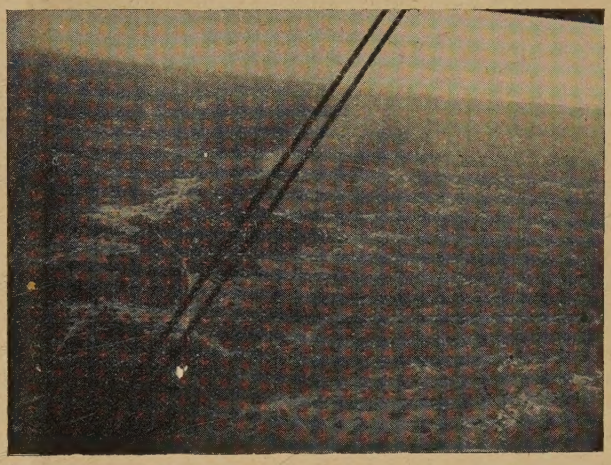
Les vents de sable de saison sèche, au contraire, apparaissent en dehors de toute perturbation et le plus souvent par temps très clair. Ils peuvent se manifester plusieurs jours de suite, sans interruption, dans une même station. L'air conserve sa tension de vapeur normale, et, d'une façon générale, ni les enregistreurs sous abri, ni le baromètre, n'accusent le passage ; tout au plus le maximum de température est-il un peu abaissé lorsque les poussières soulevées forment une couche assez épaisse pour absorber une partie de la radiation solaire.

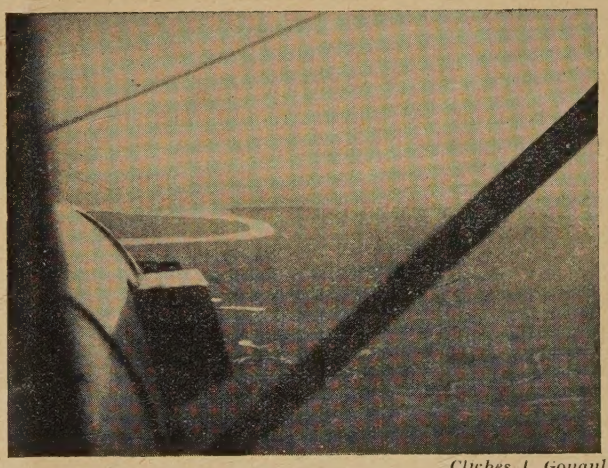
Au Tchad, ce sont toujours des vents du secteur NE, et il semble qu'ils ne résultent que de l'accroissement, au delà d'une limite critique, de la vitesse du vent saisonnier de NE.

Les régions où ils se manifestent le plus fréquemment et avec le plus de violence, sont le seuil ménagé entre l'Ennedi et le Tibesti, le long de l'axe Tekro-Faya, et la dépression dite du Bahr el Ghazal qui est le prolongement de cet axe.

Lorsque le vent de sable s'est calmé, les poussières les plus légères restent en suspension, et il semble même que l'instabillité thermique de l'air, aux heures ensoleillées, contribue à les transporter à des altitudes élevées ; ces poussières cheminent alors, avec les vents réguliers, vers l'W ou le SW, et forment les brumes sèches qui couvrent des surfaces considérables.

Nous nous référeront surtout, dans cette étude,





Cliches J. Gouault

Vues prises à 1.000 m. d'altitude au-dessus de Fort-Lamy, le 13 janvier 1937, à 15 heures temps local.

En haut, dans la direction du Sud.
En bas, dans la direction de l'Ouest.

aux observations de Faya-Largeau pour les vents de sable, et de Fort-Lamy pour les brumes sèches. Les autres stations du réseau, en effet, ne se trouvent pas dans l'axe principal de propagation des vents

et des brumes, et d'autre part, il serait à craindre, pour ces stations, que des omissions ou des observations incomplètes ne faussent les conclusions que nous en pourrions tirer.

Enfin, nous avons limité nos recherches aux phénomènes observés en saison sèche (novembre 1935 à avril 1936, et novembre 1936 à mars 1937), pour éviter toute confusion entre les vents de sable de régime sec, et les vents de poussière soulevés en front des grains orageux.

Les vents de sable à Faya-Largeau

Le régime des vents de saison sèche à Faya-Largeau est très régulier : la direction NE est à peu près constante ; la vitesse est faible ou nulle pendant la nuit, s'accroît dans la matinée pour atteindre son maximum entre 10 heures et 11 heures locales, puis décroît l'après-midi pour revenir au calme après le coucher du soleil. C'est, d'ailleurs, sensiblement le régime de toutes les régions désertiques au sud du Sahara.

Lorsque la vitesse du vent dépasse une limite critique qui semble être voisine de 6 à 8 mètres/seconde, les grains de sable sont emportés et soulevés. Si le relief est plat, sans obstacles, et si le vent reste modéré, les particules entraînées courent au ras du sol ; si la vitesse s'accroît, les remous qui en résultent soulèvent les grains de sable à 10 mètres, 100 mètres et parfois plus, et on se trouve en présence du « Vent de Sable » typique (1). La visibilité devient faible : 3 kilomètres tout au plus, et généralement 200 à 500 mètres (2).

Lorsque, à Faya, le vent de sable est terminé, la visibilité redevient aussitôt très bonne.

Presque tous les vents de sable débutent entre 5 heures et 10 heures locales, *et le plus fréquemment à 8 heures locales* (figure 1, p. 77). C'est là une circonstance très défavorable pour la navigation aérienne ; les pilotes ont, en effet, l'habitude de voyager de préférence le matin, entre 6 heures et 10 heures (air plus stable et plus porteur, température plus homogène entre le sol et 1.500 mètres) ; partant au lever du soleil avec une excellente « météo », ils courent le risque de voir le vent de sable se lever, alors qu'ils sont en vol (ce cas s'est d'ailleurs récemment présenté pour un trimoteur militaire couvrant l'escale Zouar-Faya).

Les vents de sable se terminent le plus souvent l'après-midi, entre 14 heures et 18 heures locales (figure 1), mais, lorsqu'ils sont violents, ils soufflent parfois même au cours de la nuit, pendant 2 jours, 3 jours et même plus sans interruption. Il en résulte que les heures où les vents de sable soufflent le plus fréquemment sont les heures ensoleillées ; si l'on additionne, pour chaque heure du jour, le nombre de fois où les vents de sable ont été observés (figure 2, p. 77), on constate que 74 % de ces observations se répartissent de 7 heures à 18 heures locales. L'heure à laquelle les observations sont les plus fréquentes est 10 heures locales, qui est aussi le moment où le vent de NE au sol atteint généralement sa force maximum au cours de son évolution diurne.

La prévision est encore actuellement difficile. Les indigènes prétendent parfois que les vents de sable ne soufflent que pendant le premier quartier de la lune. La comparaison des dates d'observation et des phases lunaires montre à première vue qu'il n'existe aucune corrélation directe entre ces deux ordres de phénomènes. Les pronostics déduits des anomalies de pression ou de température ne sont pas encore éprouvés. Ceux qui sont fondés sur l'organisation anormale de la vitesse du vent vers 500 mètres paraissent les plus sérieux, mais l'installation d'une station de sondage est très coûteuse dans ces régions, et le trafic aérien n'est pas paru assez intense pour la justifier.

Nous avons cherché à établir s'il n'existerait pas une périodicité qui règlerait les dates de début des vents de sable à Faya-Largeau.

Si on examine le graphique montrant la répartition dans le temps de ces météores (figure 3, pp. 78-79), on constate que les observations sont généralement concentrées par groupes d'importance variée, et irrégulièrement espacés. Cela se concevrait même si la vitesse du vent était soumise à une périodicité régulière. En effet, la valeur de la vitesse maxima atteinte n'est pas toujours semblable à elle-même ; le vent de sable ne se produisant qu'au delà d'une vitesse critique, il y aura évidemment des « trous » dans les manifestations de cette périodicité chaque fois que cette valeur critique n'aura pas été dépassée. Nous sommes donc amenés à négliger les périodes calmes de longue durée, et à ne rechercher la périodicité que dans les cas où les vents de sable sont bien groupés dans le temps. Il ne reste plus qu'à mesurer, dans chaque groupe, le temps qui sépare les débuts des vents de sable successifs.

(1) C'est cette dernière phase seule qui a été notée comme Vent de sable par les observateurs de Faya.

(2) On a souvent cité des visibilités de l'ordre du mètre ; elles peuvent se produire exceptionnellement dans le vent de sable typique, mais il est probable que le plus souvent elles ont été observé sur le front d'un passage orageux.

C'est ainsi que nous avons obtenu le tableau ci-dessous :

Périodes envisagées :	Nombre de jours écoulés entre les débuts des vents de sable successifs.	
Saison 1935-1936 :		
25 Novembre au 1er Décembre ..	5,0	
9 Décembre au 17 Décembre ..	7,5	
4 Janvier au 2 Février.....	6,0	
	8,8	
	3,0	Période moyenne : 6,3 jours
	6,8	
1er Mars au 31 Mars	6,8	
	9,0	
	6,0	
	4,0	
13 Avril au 20 Avril	6,0	
Saison 1936-1937 :		
7 au 11 Novembre	2,0	
20 Décembre au 3 Décembre ...	7,0	
	4,8	
14 Décembre au 16 Janvier	5,0	
	7,0	Période moyenne : 5,4 jours
	2,0	
	7,0	
	6,8	
	8,0	
7 Mars au 19 Mars	8,0	
	4,0	

Période moyenne pour les deux saisons : 5,8 *jours*

Tel quel, le calcul de cette période moyenne n'est qu'un jeu d'arithmétique sans utilité immédiate, puisque les périodes réellement constatées varient de 2 à 9 jours. Remarquons toutefois que ce chiffre moyen se rapproche singulièrement de la période de Defant des vagues circumpolaires (5,7 jours), et de la période, calculée par Bjerkness, du passage des familles de cyclones du front polaire Nord (5,5 jours). N'y aurait-il pas, par suite, une corrélation entre ces passages et l'apparition des vents de sable sahariens ?

Ce n'est qu'une présomption que nous sommes actuellement dans l'impossibilité de vérifier.

Les brumes sèches à Fort-Lamy

Par « brumes sèches », nous entendons la présence dans l'atmosphère de particules solides qui provoquent un abaissement sensible de la visibilité. Lorsqu'elles sont denses, elles constituent un phénomène presque aussi dangereux pour la navigation aérienne que les vents de sable. C'est ainsi qu'au cours de la saison sèche 1936-1937, plusieurs trimoteurs des services postaux franchissant l'escale Lamy-Zinder ont dû, en raison de la très mauvaise visibilité causée par la brume, revenir à leur point de départ avec le secours de la radio-goniométrie.

Origine des brumes sèches

Il semble que l'on doive distinguer trois origines principales :

1° Les fumées de feux de brousse, qui seraient, d'après certains auteurs, l'origine la plus importante des brumes. A notre avis, et tout au moins pour la région de Fort-Lamy, cette importance a été exagérée ; les fumées que nous avons eu l'occasion d'observer en avion ne formaient jamais qu'une traînée peu épaisse, qui s'étalait vers 800 à 1.500 mètres dans le sens du vent, et se dispersait progressivement jusqu'à n'être plus guère visible au delà de 20 ou 50 kilomètres de son origine ;

2° Les tourbillons dus à l'instabilité de l'air au cours des périodes chaudes ; ils naissent spontanément au ras du sol, de préférence sur les terrains dénudés ; la colonne centrale de ces tourbillons, d'aspect nébuleux en raison de la grande quantité de poussières qu'elle renferme, peut s'élever en altitude jusqu'à un millier de mètres ; au sol, le tourbillon balaye une surface circulaire de 20 à 100 mètres de diamètre, et se déplace assez lentement dans le sens du vent, à une vitesse de 2 à 3 mètres/seconde. Ce phénomène est éphémère et persiste rarement plus d'une dizaine de minutes. Quand le tourbillon s'est évanoui la colonne de poussières s'étale et se dissocie : les poussières les plus volumineuses retombent alors en dessinant des traînées verticales semblables à des « virga ».

Lorsqu'ils sont nombreux au cours des journées chaudes, les tourbillons soulèvent de grandes quantités de poussières auxquelles nous attribuons une partie des brumes sèches observées à Lamy en février-mars (notamment en 1936).

3° Enfin, les brumes sèches les plus épaisses sont celles qui sont en corrélation directe avec les vents de sable observés à Faya-Largeau.

Les tableaux de la figure 3 montrent clairement qu'*à tout vent de sable observé à Faya, correspond le lendemain, et généralement le surlendemain, une forte brume sèche à Lamy*. La règle n'est en défaut que pour le vent de sable des 19 et 20 avril 1936, exception qui s'explique par la présence à Lamy, à ce moment, de la mousson de saison humide.

Il est tout-à-fait vraisemblable que ces brumes sèches sont constituées par les éléments les plus ténus des vents de sable, restés en suspension et transportés par les vents réguliers de NE ; ces derniers mettent normalement un peu plus de 24 heures pour franchir les quelques 800 kilomètres séparant la région de Faya de celle de Lamy.

Ces bancs de brume sont rarement signalés à Abéché et Ati, mais nous avons constaté fréquemment, à l'occasion des protections aériennes, qu'ils atteignent Maïné-Soroa, puis Zinder, respectivement

3 et 7 heures après leur arrivée sur Lamy. Ils couvrent donc des étendues considérables, comparables à la surface de la France, et c'est cela surtout qui les rend dangereux pour la navigation aérienne, en raison de l'extrême rareté des points de repères dans les régions désertiques et semi-désertiques.

Influence de l'humidité de l'air sur la visibilité dans les brumes sèches

Il est frappant et un peu inattendu de constater qu'à Fort-Lamy les brumes sèches ont une évolution diurne comparable à celle des brouillards humides ; très denses pendant la nuit et surtout le matin (alors que l'humidité sous abri atteint 70 à 80 %), elles s'éclaircissent presque toujours au cours de la matinée. Cependant la visibilité, tout en s'améliorant, reste médiocre même si, vers midi, l'humidité relative descend au-dessous de 3 %.

D'autre part, le matin et par temps de brume, la visibilité est toujours plus mauvaise en direction du Chari que vers le NE. Enfin, les renseignements recueillis à l'occasion des protections aériennes nous ont prouvé que :

1° Les pilotes quittant Fort-Lamy pour Zinder par temps de brume, trouvent toujours, aussitôt après avoir franchi le Chari, une visibilité plus mauvaise que dans la région de Lamy ;

2° La visibilité à Maïné-Soroa (env. 150 km. ouest du lac Tchad) est toujours plus mauvaise qu'à Fort-Lamy (et aussi, semble-t-il, qu'à Zinder) ; la visibilité à N'Guigmi (Nord du lac Tchad) est toujours meilleure qu'à Lamy et à Maïné-Soroa.

Ces derniers renseignements montrent que la brume sèche, entraînée vers l'W ou le SW par les vents réguliers, augmente de densité lorsqu'elle franchit des surfaces importantes d'eau libre.

Dans l'ensemble, *tout se passe comme si l'humidité de l'air contribuait à diminuer la visibilité dans la brume sèche*, et il est probable que les particules dont est formée la brume jouent le rôle de noyaux de condensation en présence de l'air humide. L'ignorance où nous sommes de la nature exacte de ces particules (composition minérale et non saline, selon toute vraisemblance) (1), ne nous permet pas de tirer une conclusion théorique de ces observations, qui semblent être en contradiction avec les théories modernes sur les noyaux de condensation.

Prévision des brumes sèches

Il est généralement impossible de prévoir les brumes ayant pour origine des feux de brousse ou des tourbillons de poussière ; mais elles ont une densité généralement modérée, et si elles sont gênantes pour l'aviation, elles sont rarement dangereuses.

Par contre, la prévision est possible en ce qui concerne les brumes les plus denses. celles qui succèdent aux vents de sable, puisqu'il suffit d'être informé en temps utile des apparitions de vents de sable à Faya, de leur durée et de leur importance, pour prévoir avec un grand pourcentage de chances l'heure de début et la densité de la brume dans la région Lamy-Zinder.

Pour parvenir à ce résultat, nous faisons transmettre chaque matin, par Faya-Largeau, à l'aide d'un code spécial, l'heure de début et de fin de tous les vents de sable observés dans les 24 heures précédant la transmission. Il suffit ensuite de noter l'heure d'arrivée du banc de brume à Lamy (qui a pu être approximativement prévue), et d'en apprécier la densité, pour connaître avec certitude l'évolution de la visibilité sur le parcours Lamy-Maïné-Soroa-Zinder.

Les vents de sable débutant dans la matinée à Faya-Largeau et n'étant généralement connus que le lendemain à Lamy, les prévisions de brume ne se font le plus souvent qu'à une échéance de 3 à 6 heures ; mais il serait facile d'améliorer ce délai, en cas de nécessité, en organisant une seconde émission quotidienne dans la soirée ; l'idéal serait évidemment d'être informé des débuts de vents de sable au moment même de leur apparition, ce qui permettrait une prévision à échéance de 24 heures.

En pratique, l'organisation actuelle donne satisfaction et toutes nos prévisions de brume épaisse se sont trouvées, jusqu'ici, exactement confirmées.

Caractères optiques des brumes sèches

Les brumes sèches observées au sol, à Fort-Lamy, ont souvent un aspect très voisin de celui des brumes humides : la visibilité varie le plus souvent de 2 à 4 kilomètres, et est toujours plus faible au-dessus du fleuve que dans les autres directions ; les lointains sont noyés sous un voile blanchâtre ; le plus souvent le ciel est visible, parfois très bleu, parfois plus pâle et comme voilé par un cirrostratus mince.

Mais lorsque la visibilité s'abaisse à moins de 1

(1) L'examen microscopique des brumes sèches en Afrique tropicale n'a été effectué jusqu'à présent que pour les régions de Conakry et de Dakar (Cf. H. Hubert. Mission scientifique au Soudan, 1er Fasc.. p. 302, et Nouvelles observations sur la brume en Afrique Occidentale, in. *Bull. Comité Et. hist. et sc. de l'A. O. F.*, 1931, p. 47.).

kilomètre, l'aspect change : la brume prend la teinte jaunâtre et un peu grise du sable ; le ciel est masqué d'un voile jaune brun et l'intensité de la radiation solaire est nettement diminuée ; le contour du disque solaire reste net ; un rafraîchissement de la température se manifeste toujours dans ces conditions.

Vue d'avion, à une hauteur de 800 à 1.000 mètres, la brume sèche peut se présenter sous l'un ou l'autre des deux aspects suivants :

1° *Aspect homogène et amorphe* : la visibilité est bonne à la verticale, mais limitée horizontalement comme par une muraille blanchâtre d'aspect identique à celui du brouillard. La visibilité vers 1.000 mètres est sensiblement équivalente à la visibilité au sol, sauf à contre-jour où la brume, en diffusant la lumière solaire, acquiers une teinte d'une blancheur éblouissante qui ramène la visibilité dans cette direction au 1/3 de sa valeur générale. Les photographies (1) de la page 65 ont été prises le 13 janvier 1937, à 15 heures locales, vers 1.000 mètres, dans une brume faible de ce type ; les lignes d'horizon réelles sont sensiblement à la même hauteur sur chacun de ces clichés. Sur la photo supérieure, prise à peu près perpendiculairement à la direction du soleil, la visibilité est de 6 à 8 kilomètres ; sur la photo inférieure, prise face au soleil, seules les nappes d'eau miroitantes percent la brume au-delà de 2 à 3 kilomètres. Au sol, la visibilité était à ce moment de 8 kilomètres.

2° *Aspect stratifié* : c'est l'aspect caractéristique le plus fréquent le matin, à condition que le vent au sol soit faible ou modéré. Dans ce cas, la couleur générale de la brume est nettement jaune sable, et non plus blanchâtre ; de plus, un peu au-dessus de la ligne d'horizon terrestre, l'horizon est ceinturé par une bande claire, généralement bleue, qui forme un cercle complet dans les cas les plus typiques, mais n'est parfois visible que dans la direction opposée à celle du soleil.

La demi-sphère céleste se trouve ainsi divisée en trois zones :

a) Au sol, un anneau de brume très opaque qui masque l'horizon terrestre et est limité supérieurement par la bande bleue ;

b) La ligne bleue claire, immédiatement au-dessus de l'anneau précédent ;

c) Le reste de la calotte céleste, dont la teinte, jaunâtre, immédiatement au-dessus de la ligne bleue, se dégrade, en allant vers le zénith, jusqu'au bleu ciel.

Cet aspect n'est pas identique sur tout le cercle de l'horizon ; en particulier, l'anneau inférieur (*a*) est d'une teinte très foncée, souvent lie-de-vin, dans la direction opposée à celle du soleil ; dans la direction du soleil au contraire, il est d'un blanc éblouissant, semblable au miroitement d'une nappe liquide.

Le schéma de la figure 4, p. 80, montre l'aspect d'une brume de ce genre observée le 23 février 1937, vers 9 heures, temps local.

Dans les brumes de ce type, *la visibilité à une hauteur de* 800 *à* 1.000 *mètres est toujours inférieure à la visibilité au sol*. De plus, en direction du soleil, la blancheur très vive de la brume au sol (anneau *a*), éblouie le pilote et rend la navigation pénible.

L'explication physique de ces divers aspects de la brume est facile si l'on admet que les particules qui la constituent ont une forme lamellaire ; il est évident d'ailleurs que, de toutes les particules soulevées par les vents de sable, ce sont celles-ci qui opposent le plus de résistance à la chute libre, au cours de laquelle elles s'orienteront horizontalement. On explique ainsi :

1° L'existence de la ligne bleue claire voisine de l'horizon, le long de laquelle les particules se présentent sur champ, de telle sorte que le bleu du ciel transparaisse sans être sensiblement voilé.

2° La couleur blanche éblouissante de la couche inférieure de la brume en direction du soleil, chaque particule jouant le rôle d'un miroir horizontal.

3° La teinte brune lie-de-vin de cette même couche à l'opposé du soleil, les rayons solaires directs qui frappent cette couche étant alors réfléchis dans la direction opposée à celle de l'observateur.

4° La visibilité meilleure au sol qu'en altitude, puisque, au sol, les particules se présentent sur champ.

Quand aux brumes d'aspect homogène, il est possible que leur constitution soit la même, à cette restriction près que les lamelles auraient perdu leur orientation en raison des remous ou des courants verticaux ; en effet, elles s'observent surtout l'après-midi et par vent au sol assez fort. Leur teinte blanchâtre serait due à une réflexion diffuse de la lumière solaire qui masquerait la couleur propre de leurs éléments.

Cette courte étude n'épuise évidemment pas un sujet très complexe ; il serait souhaitable de multiplier les observations directes en avion, encore trop

(1) Photos sur émulsion panchro « Isopan Agfa » derrière écran jaune moyen ; la visibilité semble être légèrement supérieure sur ces clichés à ce qu'elle était à l'observation directe.

peu nombreuses. La nature exacte des particules qui forment la brume n'est encore qu'hypothétique. Les brumes sont le siège de phénomènes électriques, décelés par les appareils radiophoniques sous forme de crépitements continus sur toutes ondes, dont on ignore encore la nature et la cause. Enfin, il serait utile d'analyser scientifiquement les colorations de la brume, afin de savoir s'il ne serait pas possible de diminuer certains de ses inconvénients par l'emploi de lunettes à verres convenablement colorés.

Fort-Lamy, 7 avril 1937.

Jean GOUAULT,
Ingénieur-météorologiste des Colonies
(Fort-Lamy, A. E. F.).

NOTA. — Les 8 et 9 avril 1937, un vent de sable violent a été observé à Fort-Lamy ; en voici la description succincte :

Le 8 avril au matin, le temps est orageux (gouttes de pluie et tonnerre à 5 h TMG) et humide (tension vapeur : 17,2 mm.). Vent de SSW modéré ; c'est la situation normale du début de la saison humide.

A 9 heures TMG, *début de vent de sable*, direction NNW, vitesse 8 à 12 m/s. D'abord humide le matin (tension de vap. 15,0 à 11 h. TMG), il devient sec l'après-midi (tens. vap. 8,0 à 16 h. TMG), en même temps que le ciel s'éclaircit. Il se calme vers 16 TMG en faisant place à une forte brume sèche (visibilité 300 m.).

Le 9 avril, le temps reste sec et clair (tens. vap. 7,0 à 8,0) ; le vent de sable reprend vers 8 h. 30 TMG (direction N, vitesse 10 à 15 m/s.), pour se terminer vers 10 h. TMG. Ensuite, temps clair, visibilité bonne ; La tension de vapeur se maintient vers 7 mm.

NOTATIONS AUX ENREGISTREURS

	le 8/4/37	le 9/4/37	le 10/4/37
Température à 7 h. TMG.	26°9	23°6	22°4
Température minima.....	25°6	20°7	14°7
Température maxima....	37°0	32°1	»
Pression normale à 7 h...	731mm7	736mm1	736mm1

Il y a donc une forte augmentation de pression (qui n'a pas précédé le vent de sable, mais lui a été concomitante) et une baisse considérable de la température (les minima d'avril sont normalement compris entre 22 et 28°). Il est bien évident que, dans ce cas particulier, la baisse de température ne saurait être attribuée au tamisage par la brume de la radiation solaire, mais qu'il y a eu certainement invasion d'air spécifiquement froid ; cette invasion a comblé la dépression saharienne et refoulé la mousson humide vers le sud.

D'autre part, le vent de sable n'a pas suivi la trajectoire habituelle de NE ; il est venu du N et semble avoir franchi la barrière constituée par le massif du Tibesti. Il n'a été observé à Faya que le 9 avril, de 4 à 9 h. TMG, et avec la direction NE.

Il serait intéressant de rechercher si cette manifestation anormale n'est pas en relation avec une situation remarquable sur l'Europe, et si ce vent ne correspondrait pas, par exemple, au passage d'un anticyclone mobile particulièrement puissant.

Remarques sur le bleu du ciel, le trouble atmosphérique et la visibilité

La lumière bleue d'un ciel serein provient de la diffusion du rayonnement solaire par les molécules des gaz atmosphériques (Tyndall, Rayleigh, Cabannes) ; la diffusion de ce rayonnement par les particules étrangères, solides ou liquides, que l'on désigne sous le nom général de poussières ou de brume, modifie l'intensité et la composition spectrale du rayonnement diffusé.

Ces diffusions produisent des absorptions apparentes du rayonnement solaire qui traverse l'atmosphère.

A une atmosphère pure correspondent un rayonnement solaire intense et un ciel très bleu. Il n'est pas sans intérêt de chercher s'il y a une relation entre le bleu du ciel et l'absorption du rayonnement (1).

On a souvent fait des observations régulières de la couleur du ciel en la comparant à des échelles colorimétriques de bleus empiriquement graduées (de Saussure, de Humboldt, Crova, Linke, etc.) (2). J'ai moi-même comparé, pendant un an (juin 1935-mai 1936), à Casablanca, le « bleu du ciel », la transparence de l'atmosphère, le trouble atmosphérique, et

(1) J. CABANNES, *Le bleu du ciel et la transparence de l'atmosphère.* « L'Astronomie », oct. 1925, p. 457.

(2) C. DORNO, *Physik der Sonnen und Himmelsstrahlung.* « Strahlentherapie », Bd. IX u X (1919), p. 545.

divers éléments météorologiques : l'humidité et la visibilité en particulier.

J'indiquerai, brièvement, quelques résultats de ces comparaisons et les remarques qu'elles m'ont suggérées.

Couleur du ciel

Le bleu du ciel a été noté selon l'échelle à 16 degrés établie par Linke et Ostwald (1). Je l'ai adoptée parce qu'elle est utilisée dans divers observatoires européens et américains et qu'elle permet, par suite, des comparaisons.

Cette échelle est composée de 8 cartes colorées ne portant que des numéros pairs, de 16 pour un bleu d'outre-mer foncé à 2 pour un bleu horizon très pâle. Une observation se fait de la manière suivante : l'observateur, tournant le dos au soleil, observe un point du ciel situé dans le vertical de l'astre à 90 degrés environ de celui-ci. C'est le point du ciel où le bleu est le plus foncé (le moins lavé de blanc) et où d'autre part, la polarisation de la lumière est la plus forte. Il compare le bleu du ciel aux cartes en interpolant au besoin entre deux teintes ; 13 signifiera par exemple : ciel moins bleu que la teinte 14, mais plus bleu que 12. Il y a rarement un écart supérieur à un point entre les notations de deux observateurs exercés.

Au cours de l'année d'observation, on n'a noté aucune variation diurne régulière, mais il existe une variation annuelle. Les bleus observés ont varié entre 6 et 15, les valeurs extrêmes étant exceptionnelles. Les ciels les plus bleus (14, 12) sont surtout fréquents en hiver ; ils sont plus pâles pendant la saison chaude (8, 10) ; le minimum a été observé vers la fin du printemps (mai, juin, c'est-à-dire au début et à la fin de cette série d'observations). Cette variation annuelle est parallèle à celle de la transparence atmosphérique.

Absorption du rayonnement solaire. Trouble atmosphérique

Considérons un flux F_o traversant un milieu absorbant d'épaisseur m ; soit F_m le flux transmis, le flux absorbé est : $F_o - F_m$. On peut définir un facteur de transmission $t = \frac{F_m}{F_o}$, et un facteur d'absorption $a = \frac{F_o - F_m}{F_o}$. Si le rayonnement est monochromatique, le flux diminue quand l'épaisseur croît, suivant une loi exponentielle :

$$\frac{F_m}{F_o} = e^{-\alpha m}$$

α étant le *coefficient d'absorption* du milieu considéré.

Pour un rayonnement polychrome traversant un milieu doué d'absorption sélective, on peut encore définir un facteur de transparence et un facteur d'absorption, mais la loi précédente de variation avec l'épaisseur ne se vérifie plus. C'est le cas pour le rayonnement solaire qui traverse l'atmosphère. Pour éviter toute hypothèse et toute extrapolation je n'ai utilisé, pour ces comparaisons, que des mesures du rayonnement faites pour une épaisseur atmosphérique déterminée, c'est-à-dire pour une hauteur donnée du soleil :

H=30° soit m = sec. Z=Sec (90°—H)=2 (suivant les notations usuelles).

Désignons par I_2 le rayonnement correspondant mesuré (à l'aide d'un pyrhéliomètre à disque d'argent ou relevé sur les diagrammes d'un pyrhéliographe régulièrement comparé à l'appareil d'Abbot), et par I'_2 le rayonnement réduit à la distance moyenne de la terre au soleil.

Le bleu du ciel B noté selon l'échelle de Linke croît avec I'_2 ou ce qui revient au même, avec le facteur de transmission t (voir tableau ci-dessous) :

Bleu	Tension de la vapeur d'eau	I'_2	β	Masses d'air
14	10 m/m	1,27	0,034	
13	11	1,22	40	Polaire maritime
12	13	1,18	43	ou continental
11	12	1,18	50	
10	14	1,13	57	
9	16	0,98	67	
8	18	0,88	88	Tropical maritime
7	17	0,86	100	
6	—	0,75	150	Tropical continental

L'ensemble des observations est assez bien représenté par la relation :

$$B = 21 + 40 \log. t$$

On appelle, dans les études photométriques, densité optique ou pouvoir d'affaiblissement la quantité :

$$D = \log. \frac{\text{Flux incident}}{\text{Flux modifié}} = -\log. t$$

et on peut aussi écrire :

$$B = 21 - 40\ D$$

Le bleu du ciel peut donc être considéré comme un indice de l'opacité ou de la transparence atmosphérique. La correspondance des observations est assez bonne

(1) F. Linke, *The measurement of sky coloring*. « Monthly-Weather Review », vol. 56, n° 6 (1928), p. 224.

dans le détail, mais certains points s'éloignent nettement de la courbe, en particulier ceux qui représentent les observations des jours de chergui ou de sirocco, vents chauds et secs de sud ou d'est, à caractère de foehn.

D'ailleurs la transparence ou l'opacité totales définies précédemment dépendent non seulement des phénomènes de diffusion, mais de l'absorption sélective des gaz atmosphériques notamment de la vapeur d'eau. J'ai cherché à séparer ces diverses sortes d'absorption.

On peut calculer l'absorption moléculaire dont les lois sont connues ; on pourrait également calculer l'absorption sélective due à la vapeur d'eau si l'on en connaissait la quantité totale que contient l'atmosphère. Le plus souvent on ne dispose que de mesures d'humidité effectuées près du sol, c'est le cas pour cette série d'observations. On ne peut pas admettre que pour une observation donnée la variation de l'humidité avec l'altitude suit une loi fixe mais, en tablant sur des moyennes, on peut espérer que la quantité de vapeur d'eau totale que contient l'atmosphère (que Fowle appelle « eau précipitable ») est une fonction déterminée de la tension de vapeur mesurée au sol.

A. Angström a fait un calcul de ce genre pour obtenir ce qu'il appelle le « coefficient de trouble » β (turbidity coefficient), dû aux poussières ou à la brume (1). Il écrit :

$$I_m = \int_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} I_{o\lambda}\, e^{\frac{-\beta}{\lambda^a} m}\, d\lambda + f(h)$$

Où : I_m est l'intensité du rayonnement solaire mesurée et correspondant à une épaisseur traversée m ;

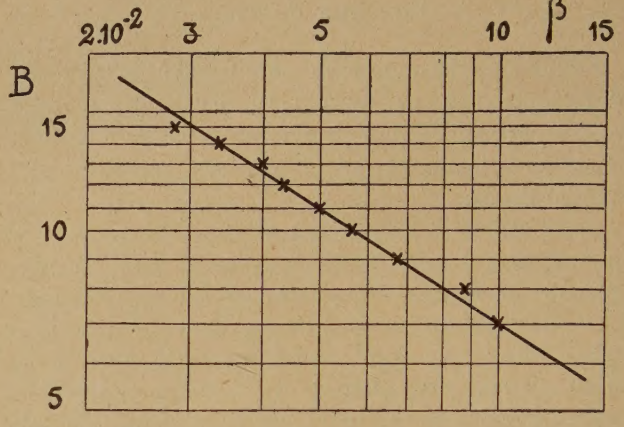
I_o l'intensité du rayonnement à la limite de l'atmosphère ;

p le coefficient de Rayleigh (diffusion moléculaire) ;

a un coefficient qui dépend de la dimension des poussières et qui, en moyenne, est égal à 1,3 ;

$f(h)$ une fonction empirique de l'humidité, calculée par Abbot et Fowle, qui représente l'absorption sélective de la vapeur d'eau.

A. Angström a calculé numériquement les valeurs de l'intégrale précédente en utilisant les déterminations expérimentales de divers auteurs et dressé des tables et des abaques qui permettent de calculer β. Je les ai utilisés et j'ai comparé ce coefficient aux valeurs du bleu du ciel. On constate que les points se groupent bien sur une courbe à allure exponentielle, ce que l'on vérifie aisément en la construisant sur du papier logarithmique (figure ci-dessous) (1).



Variation du bleu du ciel B, défini suivant l'échelle d'Ostwald-Linke, avec le coefficient de trouble atmosphérique β

Humidité

Il y a une covariation assez marquée entre le bleu et l'humidité absolue (tension de vapeur mesurée près de la surface du sol). *A priori* on peut penser qu'il n'y a aucune raison pour que la vapeur d'eau se comporte d'une manière différente des autres gaz de l'atmosphère et modifie soit le trouble dû à la diffusion, soit le bleu du ciel. Fowle cependant en déterminant par une méthode spectroscopique la quantité d'eau précipitable a trouvé une corrélation entre celle-ci et l'absorption due à la diffusion (2).

On a d'ailleurs montré que les masses d'air les plus chargées en humidité sont aussi celles qui contiennent le plus grand nombre de particules en suspension (3).

Je ferai encore, à ce propos, une remarque. En construisant point par point la courbe qui représente la relation entre le bleu du ciel et une fonction de la transparence ou de l'opacité, D, par exemple, on voit que la densité des points n'est pas la même le long de

(1) A. Angström, *On the atmospheric transmission of sun radiation.* « Geografiska Annaler », Arg. XII, H2 (1930), p. 130.

(1) Le coefficient β peut être déterminé avec plus de sûreté en utilisant des mesures de l'intensité dans des régions spectrales limitées, à l'aide de filtres par exemple (cf. Angstrom, *loc. cit.*). J'ai entrepris de telles mesures, mais je n'ai pu les utiliser ici.

(2) Cabannes, *loc. cit.* et : *Sur la diffusion de la lumière par les molécules des gaz transprents.* « Ann. Phys. », XV, 1-1921.

(3) H. Landsberg, *Observations of condensation nuclei in the atmosphère.* « Monthly Weather Review », vol. 62, n° 12 (1934), p. 442.

la courbe ; ces points se groupent en « nuages », en zones de plus grande fréquence pour certaines valeurs, et ces zones correspondent aux masses d'air de différentes origines, polaire ou tropicale, continentale ou maritime (voir tableau ci-dessus). Les valeurs de β, B, D, sont des caractéristiques de ces masses qui peuvent être utilisées pour leur analyse, et certaines d'entre elles l'ont été dans des études récentes.

Visibilité

Enfin, j'ai comparé ces différentes valeurs à celles de la visibilité horizontale évaluée suivant les conventions habituelles. Je n'ai trouvé aucune relation nette entre ces valeurs et celles de la transparence ou du bleu. Tout ce que l'on peut dire, c'est que, d'une manière génér ale, une grande visibilité correspond à une forte radiation et à un bleu intense ; ce sont des caractéristiques de l'air polaire, l'air tropical a des caractéristiques opposées.

J. Debrach,
Géophysicien au Service de Physique du Globe et de Météorologie de l'Institut scientifique chérifien.

Nuages produits par des feux en Océanie

Dans une note sur « les Cumulus produits par un feu de brousse à Madagascar » (1), M. J. Mondain a montré que l'élévation de la fumée dans les couches moyennes de l'atmosphère (1.500 à 2.000 mètres) peut amener la formation de nuages bas, de cumulus en particulier.

Ceci, qui à notre connaissance, n'avait pas encore été signalé, nous a conduit à examiner attentivement à Tahiti l'évolution de la fumée dans l'atmosphère et nous avons été heureux de noter à notre tour la formation de deux ou trois nuages bas. Les 5, 6 et 17 octobre 1936, en effet, des feux assez considérables ont été allumés sur les collines et les montagnes qui dominent Papeete : à chaque fois, le vent au sol était calme, et la fumée s'élevait presque verticalement en volutes épaisses, jusqu'à une altitude que nous avons pu évaluer à 1.500 mètres. Les deux premières fois, c'est-à-dire les 5 et 6 octobre, le ciel était presque pur : quelques cumulus de beau temps, très légers, se profilaient à l'horizon, dans la direction E.-N.-E. et aucune apparition de nuages dus à la fumée n'a pu être vraiment mise en évidence.

Mais le 17 octobre, alors qu'un assez grand feu avait été allumé sur une colline peu élevée (150 m.), située à 3.500 m. à l'ouest de l'Observatoire du Faiere, nous avons constaté la formation à 15 h. 12 exactement, d'un petit fracto-cumulus qui semblait se dégager de la fumée, laquelle, après être montée presque verticalement, avait formé une couche à l'aspect stratiforme. Le fracto-cumulus qui se détachait très blanc sur le fond grisâtre de la fumée, s'est développé sans bourgeonner, c'est-à-dire s'est développé plutôt en surface qu'en volume et devenant de plus en plus transparent, il s'est évanoui peu à peu comme un voile de vapeur blanche, à quelques grades à l'est du point où il était apparu. Il était 15 h. 21 : le nuage avait donc existé pendant 9 minutes.

A 15 h. 18, un deuxième fracto-cumulus s'était formé au même endroit que le premier : il s'est développé dans les mêmes conditions et a disparu à 15 h. 29, c'est-à-dire 11 minutes après son apparition.

Enfin, à 15 h. 32, un troisième fracto-cumulus se forma au même point que les précédents, mais disparu presque aussitôt après. Ce fut tout. La couche de fumée qui avait pris de plus en plus l'apparence d'un stratus élevé, se trouva entraînée par le vent d'E.S.E. qui soufflait alors entre 1.500 et 2.500 mètres et disparut lentement.

Nous avons pu faire quelques visées au théodolite et sachant que la distance de l'endroit où était le feu, à l'observatoire, est de 3.500 mètres, on peut établir le tableau suivant :

	Angle au-dessus de l'horizon	Angle avec la direction N.-S. (0,200)	Hauteur approximative
Partie inférieure de la couche de fumée ..	27^G7		1.600m
Point de formation des nuages.....	30^G4	115^G6	1.800m

(1) *Annales de Physique du Globe de la France d'outre-mer*, nº 14, page 53.

	Angle au-dessus de l'horizon	Angle avec la direction N.-S. (0.200)	Hauteur approximative
Point de disparition du premier nuage..	33^G2	112^G7	2.000m
Point de disparition du deuxième nuage.	33^G1	110^G2	2.000m

D'autre part, nous avons dit un peu plus haut que les 5 et 6 octobre, au cours desquels aucun nuage formé par la fumée n'a pu être constaté, ont été des journées de beau temps, c'est-à-dire que nous étions dans un « intervalle ». Le 17 octobre, au contraire, nous étions dans un front de système nuageux : le ciel, en effet, s'est peuplé le matin de cirrus très légers, terminés par des griffes (cirrus uncinus) et disposés en bandes ; puis vers 11 heures un voile très fin d'un cirro-stratus, atténuant à peine le bleu du ciel est apparu : il produisit autour du soleil un magnifique halo de 22° remarquable par sa netteté et la luminosité de ses couleurs qui s'étendaient du vert au rouge ; ce halo présentait, en outre, un cercle parhélique à peine distinct. Le vent au sol était très faible et le cirrostratus se déplaçait lentement dans la direction E.-N.-E. avec une vitesse inférieure à 10 mètres-seconde. Enfin le cirrostratus s'est abaissé sensiblement à partir de 13 heures pour donner dans la soirée un altostratus translucidus, et le halo a disparu vers 14 h. 45 (1). C'est donc peu après sa disparition qu'il nous a été donné d'observer la formation des petits fractocumulus qui font l'objet de cette présente note.

Comme pour Madagascar, ces cumulus ont commencé par un tout petit flocon ; cependant ils n'ont pas bourgeonné : ils se sont développés autour de leur noyau de condensation en s'effilochant de plus en plus, pour disparaître complètement à la vue.

Il reste maintenant à expliquer leur formation. Nous ne possédons hélas aucune documentation sur un tel phénomène. Il serait nécessaire, en effet, de connaître avec précision la tension de la vapeur d'eau, la température et la pression au point où se sont produits ces nuages et de la colonne de fumée. C'est évidemment impossible. Toutefois, si on se rappelle que les poussières matérielles peuvent faire cesser la sursaturation de l'air, il est tout naturel de penser que la fumée étant composée de particules chaudes, puisse déterminer une sursaturation locale de l'air et par suite une condensation passagère de la vapeur d'eau à cet endroit. Le nuage ainsi formé, étant amené par le vent dans une région où l'air est loin de son point de saturation, le nuage s'évanouit.

Cette explication évidemment est loin de nous satisfaire : elle n'intéresse, en effet, qu'une partie du phénomène, et ne montre pas comment s'effectue cette sursaturation locale. Il n'est pas douteux que l'on puisse par la suite, montrer à l'aide de mesures précises, le mécanisme de ces formations nuageuses locales et instables : ce phénomène présentant certainement un grand intérêt.

(1) Le lendemain, le corps du système nuageux passait sur Tahiti.

J. Giovanelli,
Ingénieur-météorologiste des Colonies.

La conductibilité électrique de l'air à la Martinique

Une série de mesures de conductibilité électrique de l'air a été faite au Morne-des-Cadets (Martinique) au cours des mois de septembre et octobre 1936.

L'appareil employé est un Guerdien ordinaire associé à un électromètre Wulf bifilaire. L'air aspiré par le ventilateur était amené directement de l'extérieur par un canal métallique de 0 m. 20 de diamètre et 0 m. 80 de longueur ; cet air venait décharger un condensateur dont l'armature interne était reliée à l'électroscope, le cylindre extérieur étant relié au sol et à la cage de l'électromètre. On chargeait l'armature interne en la mettant quelques instants en contact avec un pôle d'une pile de Zamboni dont l'autre pôle était au sol, le potentiel initial de charge était de 150 volts environ. La vitesse de passage de l'air étant assez grande, une faible partie des ions captée et la chute du potentiel permettaient le calcul de la conductibilité électrique.

On a rencontré au début quelques difficultés pour réduire à un niveau convenable les pertes par conductibilité le long des isolants. En effet, en raison de forte la teneur en vapeur d'eau de l'atmosphère le dessèchement de l'appareil a demandé des soins spéciaux : il nous a fallu recourir à l'anhydride phospho-

rique renouvelé chaque jour 1/4 d'heure avant le début de la mesure. Moyennant cette précaution les pertes ont été en général négligeables et en tout cas faibles devant la grandeur à mesurer. Avant et après chaque mesure, une expérience était faite pour déterminer le terme correctif dû aux pertes et nous avons éliminé les mesures pour lesquelles ce terme semblait trop élevé. La mesure durait dix minutes et le potentiel était mesuré chaque minute ; ces mesures donnaient un graphique de la décroissance du potentiel en fonction du temps, nous avons éliminé également les mesures où cette courbe n'avait pas une forme régulière et en particulier possédait un point anguleux ; nous considérions en effet ce fait comme indiquant la possibilité d'une perturbation accidentelle : défaut d'isolement par exemple. En fait, il semble que parfois, sans erreur de mesure, la conductibilité peut varier assez brusquement pour que la courbe de décroissance du potentiel ne soit pas régulière et qu'une telle rigueur ait pu nous amener à supprimer des mesures effectuées dans des conditions de fonctionnement correctes.

Nous donnons ci-joint le tableau de mesures effectuées chaque jour à 16 heures.

Dates	SEPTEMBRE		OCTOBRE	
	λ'	λ	λ'	λ
1	—	—	9,1 10^{-5}UES	5,3 10^{-5}UES
2	—	—	9,5	10,3
3	—	—	—	—
4	—	—	—	—
5	—	—	7,2	9,3
6	—	—	4,6	4,0
7	—	—	8,8	8,0
8	7,2 10^{-5}UES	8,2 10^{-5}UES	1,3	2,7
9	2,1	3,0	6,8	9,1
10	6,7	7,9	4,6	8,5
11	0,3	2,9	—	—
12	6,2	5,6	9,5	8,1
13	—	—	12,1	8,0
14	4,3	7,6	—	—
15	7,9	3,0	1,7	0
16	7,0	8,8	6,5	6,25
17	4,2	3,6	7,2	7,9
18	—	—	—	—
19	4,3	6,5	7,3	6,8
20	—	—	7,0	6,3
21	8,6	8,6	4,0	6,7
22	8,3	8,5	4,7	4,7
23	7,2	7,3	5,5	5,5
24	3,6	7,0	3,3	1,8
25	7,8	7,9	—	—
26	8,5	9,7	6,2	5,7
27	—	—	6,0	5,7
28	7,1	12,1		
29	1,3	8,5		
30	3,1	4,2		

Soit comme valeurs moyennes :

$$\lambda = 0{,}65 \quad 10^{-4} \text{ UES}$$

$$\lambda' = 0{,}59 \quad 10^{-4} \text{ UES}$$

$$\frac{\lambda}{\lambda'} = 1{,}1$$

Les valeurs trouvées sont assez faibles si on les compare à celles mesurées dans les pays tempérés, par exemple :

Val-Joyeux 1923 : $\lambda = 1{,}18 \quad 10^{-4}$ UES
$\lambda' = 1{,}15 \quad 10^{-4}$ UES

Par contre, elles se rapprochent comme ordre de grandeur des mesures faites en Amérique du Sud :

Berndt. 1911 donne :

Argentine : $\lambda = 0{,}51$
$\lambda' = 0{,}44$

Amazonie : $\lambda = 0{,}4$
$\lambda' = 0{,}3$

Il faut surtout, croyons-nous, remarquer l'extrême variabilité de l'élément mesuré et la rapidité avec laquelle la conductibilité électrique peut varier dans de grandes proportions. En moyenne, la conductibilité λ due aux ions positifs est plus forte que λ' due aux ions négatifs comme le fait a été constaté généralement, mais il est loin d'en être ainsi pour chaque série de mesures ; on pourrait peut-être attribuer de telles anomalies à une variation de la conductibilité pendant le temps qui sépare les mesures de λ et λ' soit environ 25 minutes. Pendant les quelques série d'observations faites avant les mesures indiquées, la conductibilité est passée de 0,1 à 0,6 en une heure.

Il semble donc que pour effectuer ces observations plus fructueuses un enregistrement s'impose ; un tel dispositif est prévu et les appareils nécessaires sont commandés, nous nous proposons de faire un enregistrement donnant les valeurs de λ et λ' au moins deux fois par heure.

Un fait semble cependant apparaître : c'est la coïncidence d'une très faible conductibilité avec le brouillard ; ce fait a déjà été maintes fois signalé et s'est confirmé lors de cette série de mesures, par exemple les valeurs anormalement faibles des :

9 septembre : $\lambda = 3 \quad 10^{-5}$ UES
$\lambda' = 2{,}1$

15 septembre : $\lambda = 0$
$\lambda' = 1{,}7$

ont été notées, le brouillard couvrant la station.

Par contre, il n'a été observé rien de bien net concernant la relation entre l'humidité de l'air et la conductibilité, relation souvent indiquée. Plusieurs

fois la saturation a été atteinte sans donner de valeurs faibles pour la conductibilité ; il faut remarquer que ces mesures ont été faites en période d'hivernage et que cette saturation a souvent été atteinte à la suite de pluies de nature plus ou moins orageuse ; dans de telles conditions l'apport des charges par la pluie et l'ionisation due au rejaillissement des gouttes, peuvent modifier complètement la conductibilité électrique. Il est donc possible qu'une telle relation soit mise en évidence au cours des mesures qui suivront lorsque les moyennes pourront porter sur des intervalles de temps assez grands.

MOLARD,
Ingénieur-météorologiste des Colonies,
Morne-des-Cadets (Martinique).

La montagne Pelée depuis 1934

Dans le N° 5 (octobre 1934) des *Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-Mer,* nous avons donné un résumé de l'activité de la Montagne Pelée jusqu'au 1er janvier 1934.

Depuis cette date, aucun phénomène grave n'a marqué la vie du volcan martiniquais. Son activité a été exclusivement fumerollienne.

FUMEROLLES DU VIEUX DÔME

1° Sur les flancs Nord et Ouest en des points bien déterminés, quelques fumerolles émettent de la vapeur d'eau et du gaz carbonique ; leur température oscille entre 70 et 95°.

2° Le seul groupe intéressant : la « Soufrière », est situé sur le sommet à 1320 mètres d'altitude moyenne. Il couvre une superficie de 150 à 200 mètres carrés. La température y est à peu près constante enre 95 et 96° (température d'ébullition de l'eau à cette altitude). Les émissions gazeuses qui se font à travers les fissures de la roche sont constituées essentiellement par de la vapeur d'eau avec quelques traces de SO^2. Les orifices et fissures des fumerolles sont couverts d'aiguilles de soufre cristallisé, d'alunogène, de gypse et d'opale.

FUMEROLLES DU NOUVEAU DÔME

Le nouveau dôme, édifié de 1930 à 1933, avait été pendant assez longtemps inaccessible en certains points, par suite de la température trop élevée.

Depuis 1934, il a pu être visité régulièrement et les fumerolles les plus actives bien étudiées, en ayant soin toutefois de se munir de masques à gaz. On trouve tout d'abord sur les flancs du dôme actuel un ensemble de fumerolles à vapeur d'eau et gaz carbonique identiques à celles du vieux dôme, situées à des altitudes oscillant entre 1200 et 1400 mètres. Leur température se maintient aujourd'hui entre 80 et 95°.

Les groupes de fumerolles les plus importants sont situés sur le sommet.

Le premier, dit « Fumerolle sèche », dans le secteur Nord, à 1390 mètres environ d'altitude, ne dégage en temps normal que de l'air chaud et de la vapeur d'eau. Sa température, qui était encore de 180° en 1935, se maintient depuis 1936 entre 95 et 115°.

Le second, dit « Grande fumerolle », présente un orifice de 75 à 80 centimètres de diamètre d'où sortent avec pression les gaz. Une surface chaude, de 300 à 400 mètres carrés, parsemée de petites fumerolles, l'entoure. La température, qui s'y est montrée très variable, a oscillé depuis 1934 entre 300 et 650°. En mai-juin 1935, elle passa brusquement en quelques jours de 340° à 650° et projeta avec violence des matières solides composées presqu'exclusivement d'alunogène et de sels de fer. En novembre 1936, elle était de 350° ; en avril 1937, de 425°.

Les gaz avaient la composition suivante au début 1937 :

Co^2 : 7,5
SO^2 : 1,4
N : 74,8
O : 15,8

Le troisième groupe de fumerolles sur le flanc Ouest, dénommé « fumerolles du Prêcheur », est le plus actif ; il dégage normalement d'abondantes vapeurs blanches composées surtout d'H^2O, de SO^2 et de CO^2. Sa température, qui a varié depuis 1934 de 650° à 280°, était en avril 1937 à 340°.

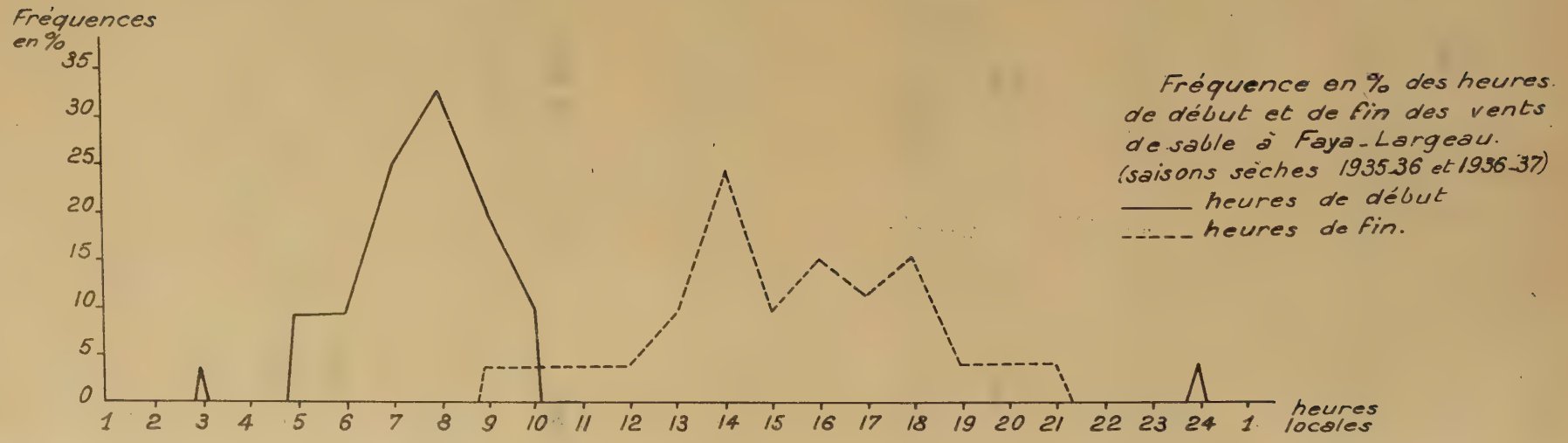

Fréquences en %
35
30
25
20
15
10
5
0
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 1
heures locales
Fréquence en % des heures de début et de fin des vents de sable à Faya-Largeau. (saisons sèches 1935-36 et 1936-37)
heures de début
heures de fin.

Fig. I

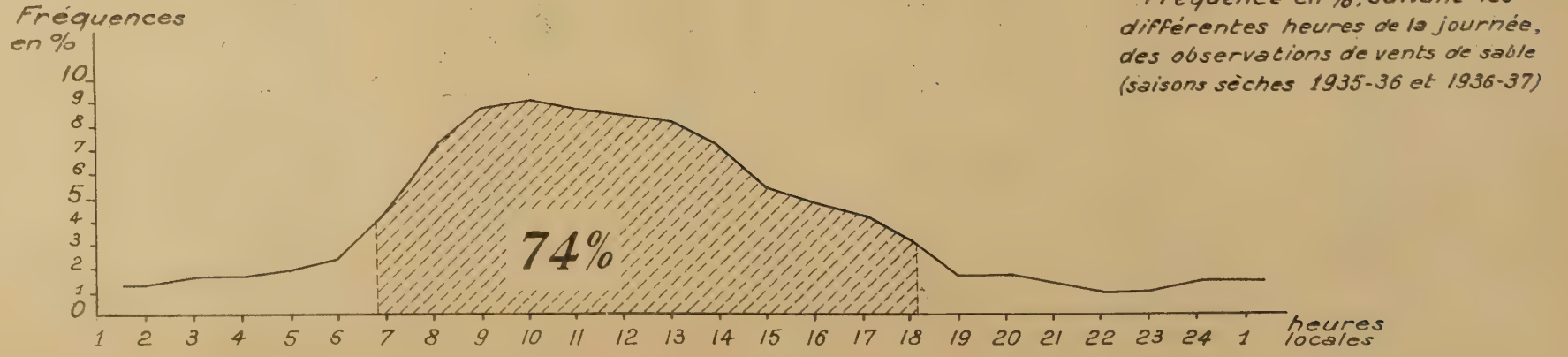

Fréquences en %
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
74%
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 1
heures locales
Fréquence en %, suivant les différentes heures de la journée, des observations de vents de sable (saisons sèches 1935-36 et 1936-37)

Fig. II

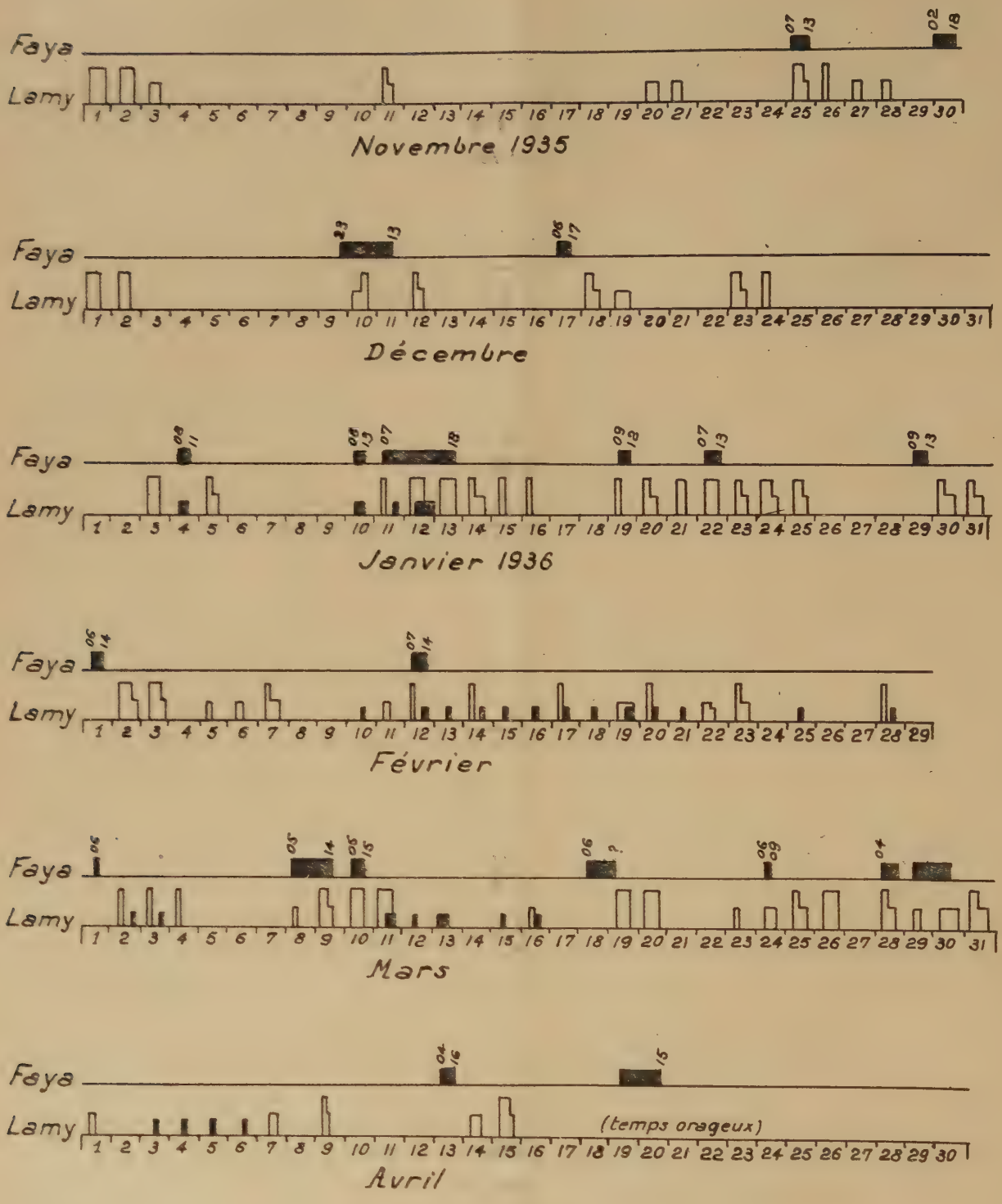
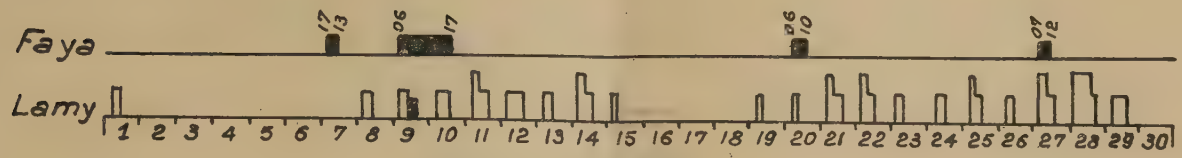

Faya
Lamy
Novembre 1935
Décembre
Janvier 1936
Février
Mars
Avril
(temps orageux)

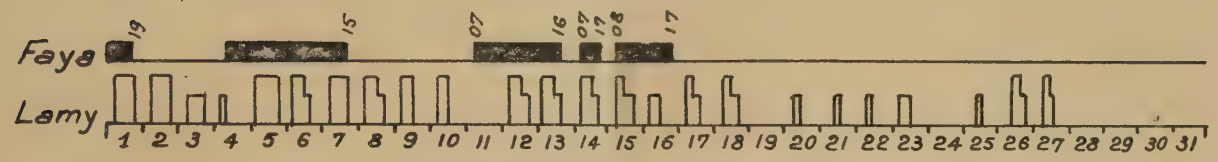
Fig. III a

J. GOUAULT.- VENTS DE SABLE ET BRUMES SECHES AU TCHAD

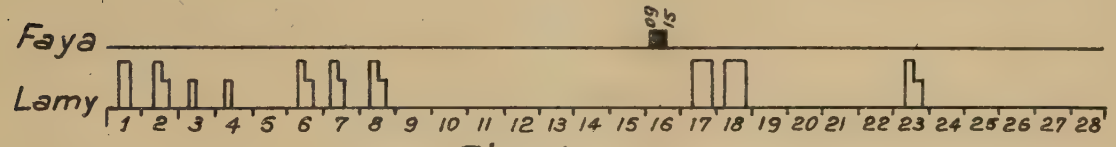


Novembre 1936

Décembre



Janvier 1937



Février

Mars

Signes conventionnels

Vents de sable (les chiffres indiquent les heures TMG de début et de fin.)

Brumes sèches épaisses (visibilité inférieure ou égale à 1 Km.)

Brumes sèches modérées (visibilité comprise entre 1 km 5 et 4 Km.)

Les brumes sèches ne sont pas observées de nuit.

Fig. III b

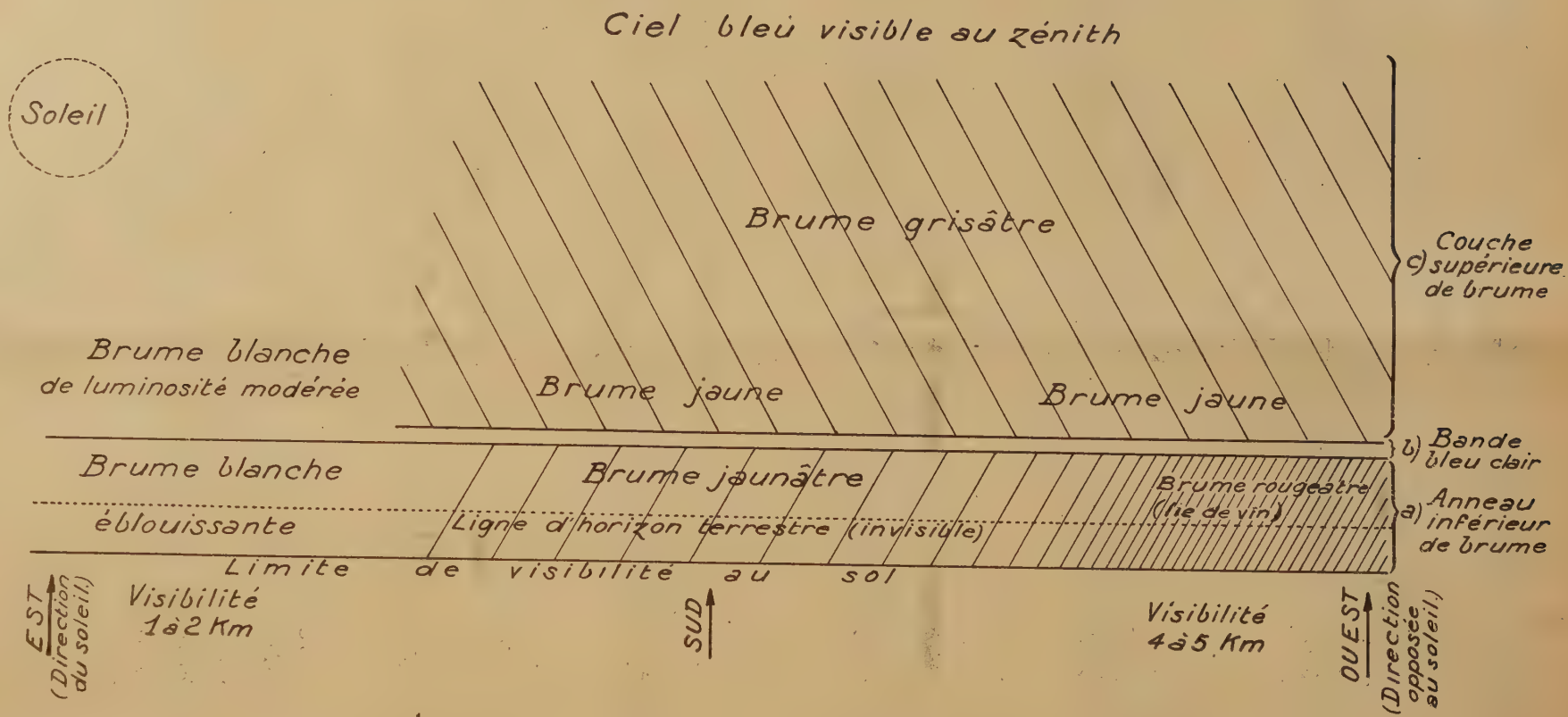
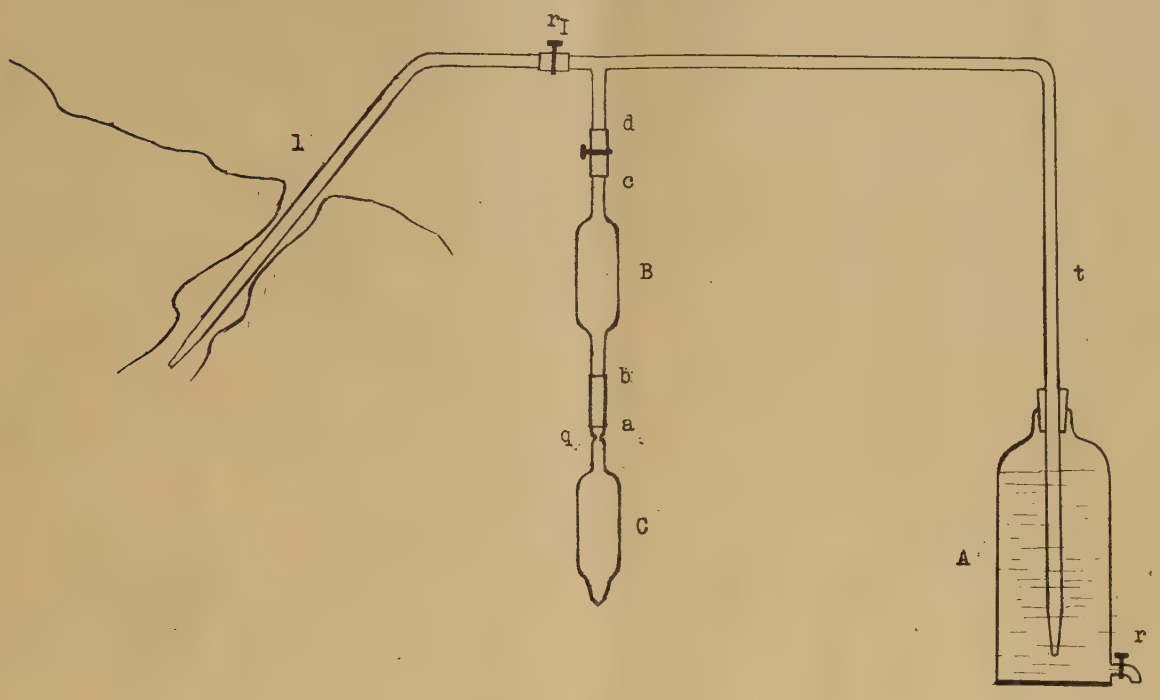

Ciel bleu visible au zénith
Soleil
Brume grisâtre
Brume blanche
de luminosité modérée
Brume jaune
Brume jaune
Brume blanche
éblouissante
Brume jaunâtre
Brume rougeâtre
(lie de vin)
Ligne d'horizon terrestre (invisible)
Limite de visibilité au sol
EST
(Direction du soleil)
Visibilité
1 à 2 Km
SUD
Visibilité
4 à 5 Km
OUEST
(Direction opposée au soleil)
c) Couche supérieure de brume
b) Bande bleu clair
a) Anneau inférieur de brume

Fig. IV

A. ROMER

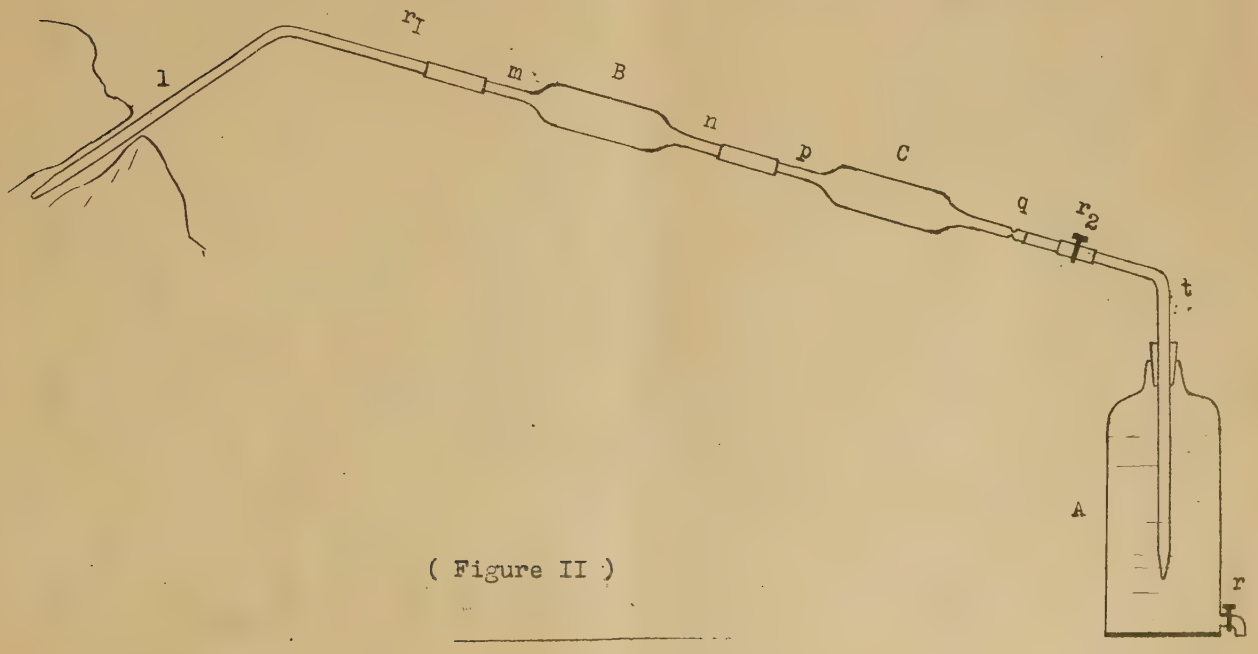
PREMIER DISPOSITIF EMPLOYE POUR LA RECOLTE DES GAZ DE FUMEROLLES



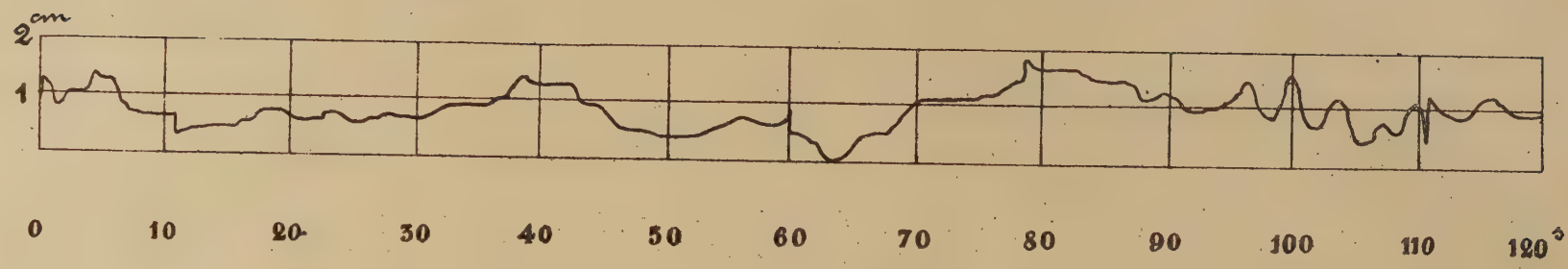
(Figure I)

A. ROMER

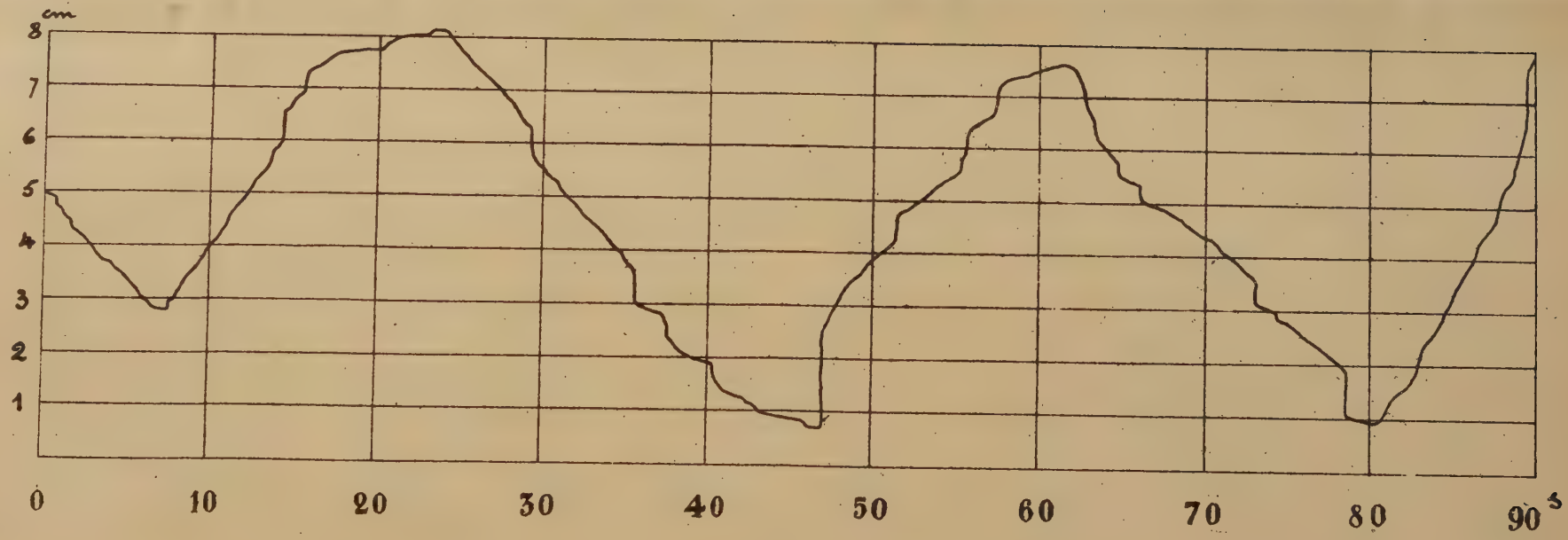
SECOND DISPOSITIF EMPLOYE POUR LA RECOLTE DES GAZ DE FUMEROLLES



(Figure II)



Rive gauche

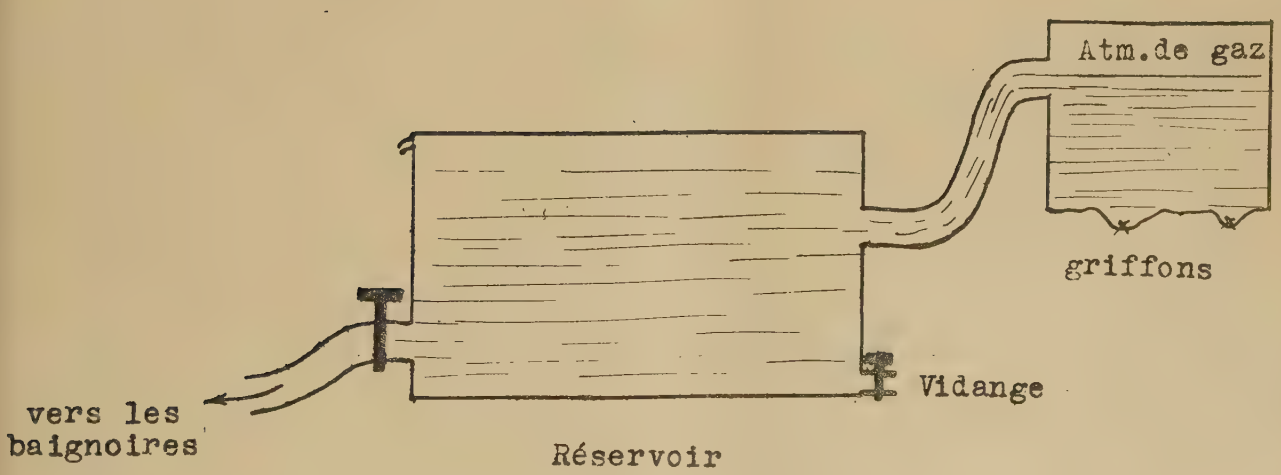


Rive droite

A. ROMER.- STATION THERMALE d'ABSALON (MARTINIQUE)

BASSIN ACTUEL

INSTALLATION PROPOSEE



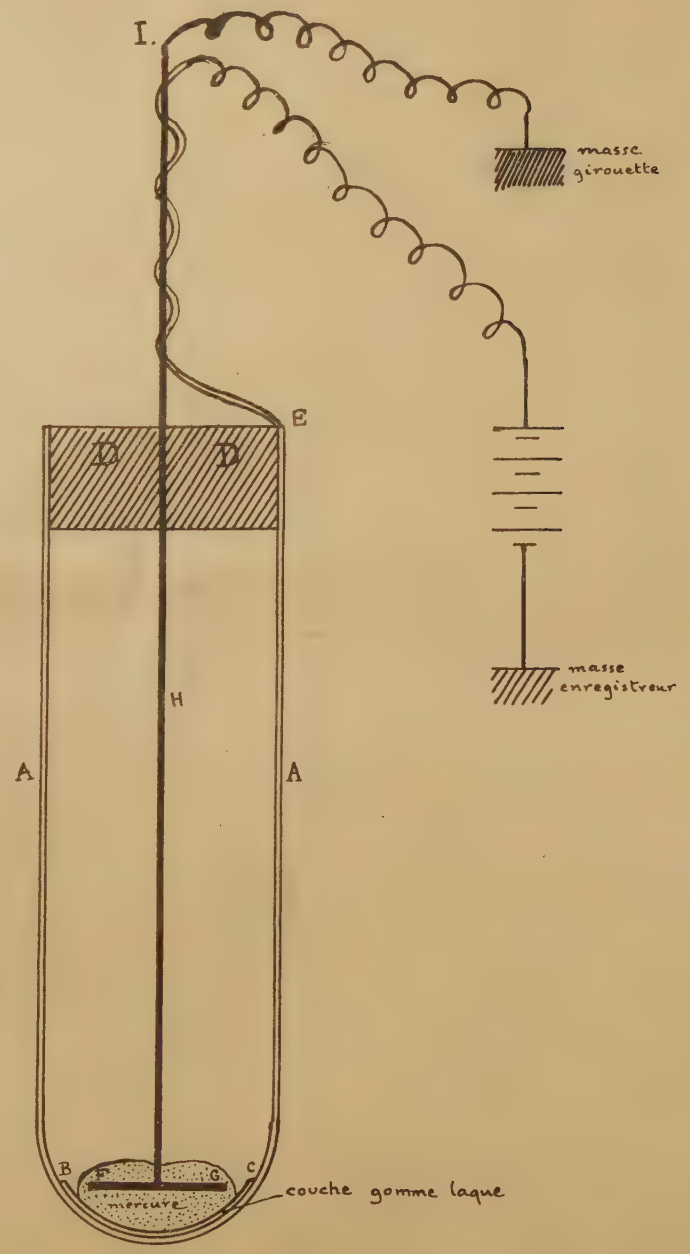


Schéma 1

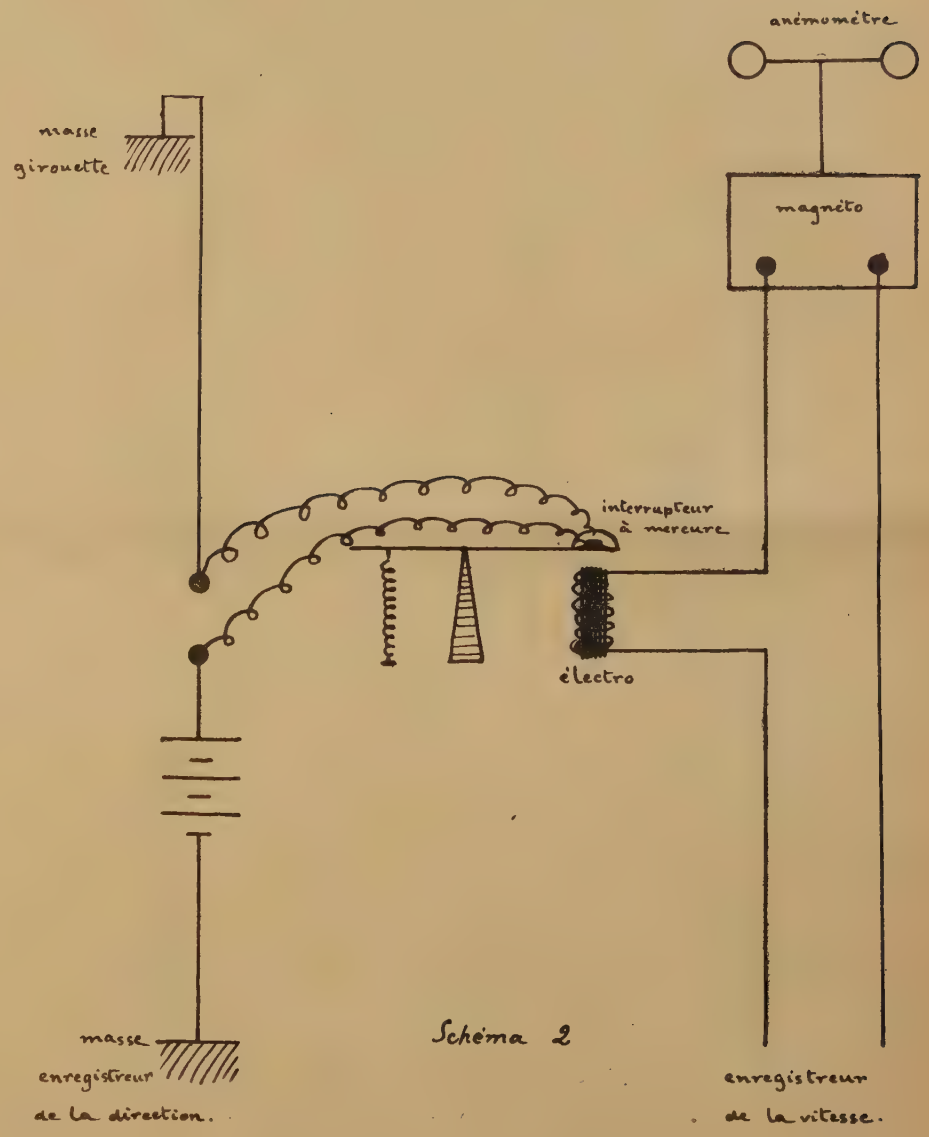


Schéma 2

Eau des sources chaudes

Parmi les observations qui se rattachent à la Montagne Pelée et que nous avons l'occasion de faire, il faut signaler l'étude des sources chaudes de la rivière Claire. Elles sont situées sur le flanc Ouest du volcan, dans une profonde vallée encaissée, à environ 4 k. 500 de la mer et à 480 mètres d'altitude.

En 1930, les nuées ardentes ayant constitué un énorme barrage à ces eaux, un joli lac de quatre à cinq hectares s'était formé, mais il disparut au bout de quelques mois (septembre 1931), une ouverture s'étant produite dans le barrage peu solide de blocs et de cendres assemblés.

Les eaux chaudes sourdent abondantes de l'extrémité étroite et profonde de la haute vallée de la rivière Claire, à travers des ponces et tufs anciens (1).

Des deux bords de la vallée, sur une hauteur de 5 à 6 mètres et sur plus de 150 mètres, l'eau suinte de toutes parts, claire, limpide, sans odeur. Le débit total, variable, peut être estimé entre 30 et 40 litres à la seconde. Aucun gaz spontané n'est à signaler, aucun dépôt, ni aucune végétation.

Après un séjour de six semaines dans des flacons de verre, l'eau ne laisse percevoir aucune odeur et ne forme aucun dépôt.

La température à l'émergence a oscillé au cours de la dernière année entre 78 et 92°.

Cinq prélèvements effectués à deux et trois mois d'intervalle ont montré une minéralisation variable sans liaison avec les variations de débit.

Caractéristiques. — L'extrait sec à 180° pour un litre d'eau a varié de 1 gr. 998 à 2 gr. 085.

La résistivité mesurée au Pont de Kohlrausch, l'eau étant ramenée à 18°, a une valeur oscillant entre 420 et 390 ohms.

La densité à 4° est de 1,002.

La recherche de la radioactivité par la méthode utilisée au laboratoire d'Hydrologie au Collège de France (laboratoire de M. Lepape) n'a rien donné.

Légèrement alcaline, l'eau à la source donne un pH oscillant entre 8 et 8,4; après plusieurs jours le pH est inchangé.

Concentration moléculaire mesurée par le point de congélation. — La moyenne de cinq mesures de Δ par la méthode habituelle nous a donné :

$$\Delta = 0{,}062$$

Composition moyenne (1). — Extrait sec : 2,025.

Un litre d'eau contient :

1° Cations :

Potassium K	0 gr. 061
Sodium Na	0 gr. 559
Calcium Ca	0 gr. 109
Magnésium Mg	0 gr. 038
Fer Fe	traces

2° Anions :

Sulfurique SO^4	0 gr. 143
Chlore Cl	1 gr. 068

3° Acides non dissociés :

Silice SiO^2	0 gr. 046

Aucune trace de H^2S

CO^2 faibles traces.

Gaz libres en dissolution : non dosés.

Le mode d'émergence des eaux, leurs propriétés physiques variables, leur composition chimique (chlorures, sulfates) sont autant d'indices à notre avis pour permettre de supposer que l'on a à faire presqu'exclusivement à des eaux d'infiltration (pluies, brouillard) à travers le dôme toujours très chaud de la Montagne Pelée.

L'émergence suivant toute une ligne limitant le niveau hydrostatique du lieu se fait tout simplement à l'intersection de ce niveau avec la surface topographique.

Pour supposer une origine profonde comme on l'a prétendu, il faudrait voir l'eau sourdre par un mouvement vertical ascensionnel et posséder un débit rythmé indépendant des saisons et des précipitations.

Récolte et étude des gaz de fumerolles

a) *Récolte.* — La récolte des gaz de fumerolles est souvent malaisée par suite de la difficulté d'accès. Après plusieurs tâtonnements, nous nous sommes arrêtés au dispositif suivant (figure I, voir p. 81) :

Un tube de cuivre l de 4 m/m de diamètre intérieur est enfoncé profondément dans la fumerolle. Ce tube est relié par un tube en T d'une part à un aspirateur à eau A et d'autre part aux cloches B et C où l'on doit recueillir les gaz. Dans ces deux cloches reliées par un tube en caoutchouc épais, solidement ligaturé en a et b, le vide a été fait au préalable au laboratoire et l'extrémité p de B soudée au chalumeau.

(1) M. A. Lacroix a signalé l'existence avant 1902 dans la haute Rivière Claire des sources sulfureuses à température élevée. A. Lacroix : *La Montagne Pelée et ses éruptions*, p. 26.

(1) Nous ne donnons que les éléments les plus abondants de la minéralisation de l'eau, celle-ci n'ayant pas fait l'objet d'une analyse complète.

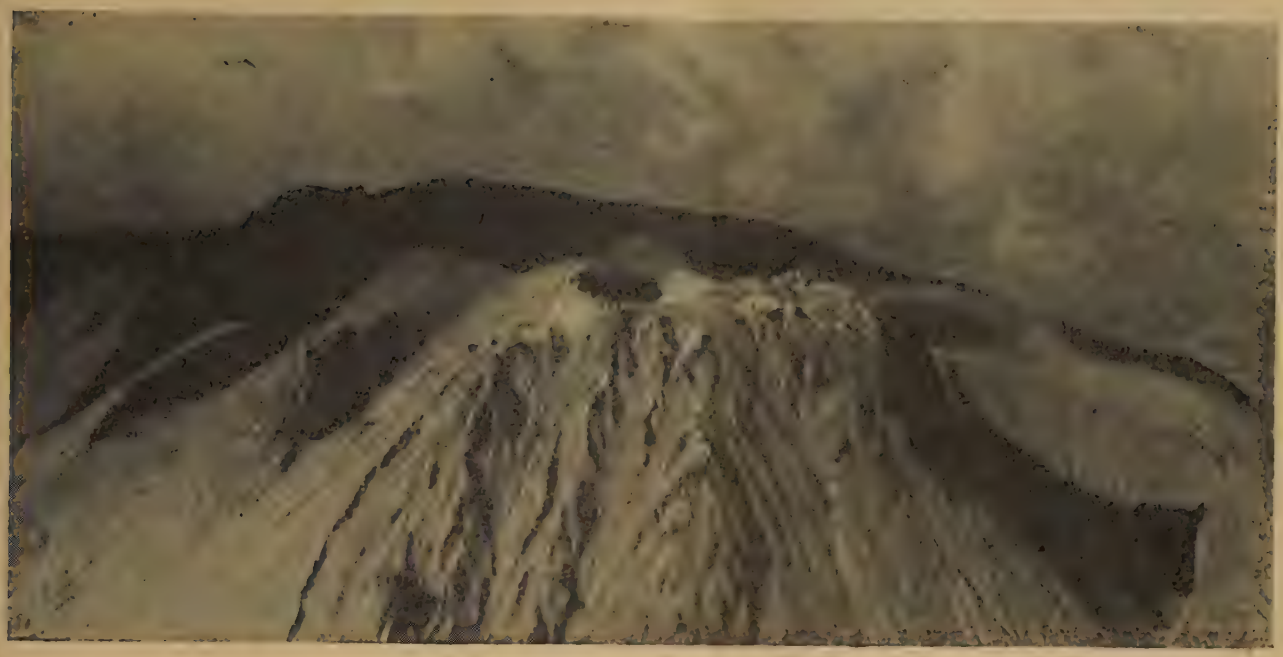
Vue prise en avion en tournant le dos à la mer, vers le Nord-Est.

Légende : 1. Caldeira ; 2. Dôme de 1902 ; 3. Pointe rocheuse dite Dent-Ouest ; 4. Dôme de 1930-32 ; 5. Sommet du Nouveau dôme ; 6. Plateau des Palmistes ; 6 *bis* Dyke (1932) ; 7. Morne de Macouba.

Vue prise en avion vers le Sud-Est, en tournant le dos au Prêcheur.

Légende : 1. Caldeira ; 2. Morne La Croix ; 3. Sommet du dôme de 1902 ; 4. Soufrière, sur le dôme de 1902 ; 5. Dent Ouest (dôme 1902) ; 6. Rocher dit le Petit-Bonhomme (avant 1902) ; 6 *bis* Dyke (1932) ; 7. Morne Saint-Martin ; 8. Flanc du dôme de 1930-32 ; 9. Sommet du dôme 1932 ; 10. Cuvette Centrale du dôme ; 11. Grande Fumerolle ; 12. Fumerolle du Prêcheur ; 13. Fumerolle sèche.

Le sommet de la Montagne Pelée en 1936



Vue vers le Nord-Est

Clichés du service de Physique du Globe de la Martinique.

Vue vers le Sud-Est
Voir légende ci-contre

L'ensemble est relié au tube en T par un caoutchouc bien ligaturé en c et d et muni d'une pince.

Pour recueillir les gaz, l'appareil étant mis en place, on ouvre le robinet r de l'aspirateur, de façon à ce que l'eau s'écoule lentement. L'appareil ainsi lavé d'air se remplit de gaz. Quand on estime que tout l'air a bien été aspiré, on casse en p la pointe effilée de B, les deux cloches se remplissent à leur tour. On vérifie qu'elles sont pleines en fermant r1, l'eau de l'aspirateur ne doit pas remonter dans le tube t ; on serre ensuite hermétiquement la pince p, on scelle à la lampe l'effilement pratiqué en q. Les deux cloches B et C sont alors prêtes à être transportées au laboratoire.

Ces cloches ont chacune une capacité de 35 à 40 centimètres cubes et une longueur de 16 à 17 centimètres, pour leur permettre d'être facilement manipulables sur la cuve à mercure.

Un deuxième dispositif, plus simple mais moins sûr, est également employé (figure II, p. 81).

Au tube en cuivre l sont fixées directement par des caoutchoucs à vide les cloches B et C non scellées. En ouvrant le robinet r de l'aspirateur A, l'air de B et C est remplacé par des gaz de la fumerolle. Quand les deux cloches sont remplies on ferme leurs extrémités respectives m et n, p et q, à la lampe.

b) *Etude des gaz.* — Un premier examen rapide s'impose sur le terrain : température, odeur, présence de H^2S, action du tournesol, etc...

Puis les gaz, recueillis dans les cloches scellées, sont étudiés au laboratoire sur la cuve à mercure, par la méthode des absorbants (potasse pour CO^2, sulfate de cuivre pour H^2S, oxyde de plomb pour SO^2, etc...). C'est la méthode la plus précise dont la technique bien établie par Berthelot a été mise au point par M. Lepape au Collège de France.

A. Romer,

Chef du service de Physique du globe Fort-de-France (Martinique).

Note sur l'écoulement fluvial

Les méthodes courantes (moulinet, flotteurs) de la mesure des vitesses et du calcul du débit des cours d'eau reposent sur l'hypothèse d'un écoulement en filets parallèles. On annonce une précision de 1 % et on la justifie par la comparaison des résultats obtenus par l'emploi de différentes méthodes. Seulement, dès qu'il s'agit d'un débit de quelque importance, la mesure directe (volumétrique) du débit fait naturellement défaut. Or, seule cette mesure peut servir de référence ; toutes les autres méthodes (sauf la méthode électrochimique, peu employée) imposant l'adoption, plus ou moins heureuse, de coefficients empiriques.

Il paraît, dès lors, utile de multiplier les descriptions des phénomènes réels. Le matériel d'observation ainsi accumulé permettra, il faut le souhaiter, de formuler des règles d'observation embrassant toujours plus étroitement le phénomène naturel.

Ci-dessous sont résumées les observations faites sur deux cours d'eau à régime fort différent. L'Oronte, en aval d'Antioche, est un « torrent » (1) ; le Cher, à Montrichard (Loir-et-Cher) rentre dans la catégorie des « rivières » (1).

(1) Terminologie de l'hydraulique.

L'observation sur l'Oronte a été faite par M. Marcel Pignarre, actuellement Conseiller Agronome de la République syrienne, le 30 novembre 1931, au moyen d'un enregistreur de niveau, traçant le diagramme en grandeur naturelle. La vitesse imprimée au tambour a été de 1 tour en 90 secondes pour la station de la rive droite et de 1 tour en 2 minutes pour la station de la rive gauche. L'enregistreur a été installé dans le profil en travers, défini par le repère 925 de la Régie du Cadastre. En cet endroit le fleuve décrit une courbe de grand rayon. La rive droite est concave et il s'y trouve une noria démolie. Sur la rive gauche s'étend une grève de galets.

La figure (voir p. 82) qui accompagne cette note reproduit deux des diagrammes relevés. Ils se rapportent à deux heures différentes, car un seul appareil était disponible, mais on s'est bien rendu compte de ce que les oscillations du plan d'eau, en cet endroit, sont un phénomène permanent.

En comparant les deux diagrammes on voit que l'amplitude des oscillations est très supérieure sur la rive concave. Elle ne peut être attribuée à l'effet du vent. Ce dernier provoquait seulement un clapotis

intermittent, dont l'arrivée est visible sur la partie droite du diagramme de la rive gauche.

L'observation révèle donc une certaine variation de la surface du profil en travers du fleuve. C'est la manifestation visible de la « pulsation » des vitesses. Elle implique l'existence d'une composante notable des vitesses situées dans le plan du profil en travers, et montre que le schéma adopté pour les mesures hydrométriques est par trop grossier lorsqu'il s'agit de l'écoulement naturel d'un fleuve.

Le Cher, à Montrichard, montre en crue des oscillations analogues. Ici, à défaut d'un enregistreur de niveau, on a dû se contenter de chronométrer les fluctuations du plan d'eau, observées sur les piles du pont et aussi sur les berges en pente douce, tant en aval qu'en amont de celui-là.

Au pont, l'amplitude du mouvement atteint une quinzaine de centimètres. Elle ne dépasse pas 5 centimètres ailleurs, mais le rythme est constant partout, la durée d'une oscillation complète étant de 10 secondes. La même période fut constatée pendant la prise d'échantillons d'eau au milieu d'un bras en amont du pont, où la tige-support du bathomètre subissait une poussée variant de 10 en 10 secondes également.

L'observation des piles du pont montre aussi que le mouvement n'a pas la même phase sur toute la largeur du fleuve. On observe une série d'ondes se déplaçant de rive en rive. Leur longueur semble être de l'ordre de la double portée des arches du pont. Sur place on se rend bien compte de ce que ce phénomène est commandé par l'amont, qu'il fait partie des conditions générales d'écoulement et que l'ouvrage influence seule son amplitude.

Les faits exposés signifient qu'il y a lieu de ne pas se contenter des schémas actuellement en usage, mais qu'il faut souhaiter l'institution d'observations et descriptions minutieuses de l'écoulement fluvial dirigées par les établissements de recherches scientifiques.

V. Frolow.

Les eaux thermales des bains d'Absalon (Martinique)

Le Service de Physique du Globe de la Martinique a été chargé d'étudier les diverses sources minérales de l'île.

Nous donnons ici les premiers résultats obtenus sur une source thermale dont les bains sont très connus. La méthode utilisée a été décrite intentionnellement afin de servir éventuellement de guide à ceux qui voudraient entreprendre un travail semblable.

***

La station thermale d'Absalon se trouve dans une ravine où coule une petite rivière encaissée, à 12 kilomètres de Fort-de-France. A cet endroit on se trouve au pied d'une crête descendant des Pitons du Carbet. Les abords sont couverts d'une épaisse végétation : fougères, lianes, etc... L'altitude du lieu est de 340 mètres au-dessus du niveau de la mer ; la quantité d'eau moyenne qui tombe dans la région est de quatre mètres par an, soit 4.000 mètres cubes par hectare. La température moyenne de l'air y est de 24°. La source se trouve sur la rive gauche de la petite Rivière qui coule dans la ravine.

L'eau sourd par trois griffons principaux à travers une dacite très altérée, le bassin où elle est recueillie recouvre directement les griffons (1). L'analyse chimique permet de la classer dans les eaux bicarbonatées calciques, magnésiennes et sodiques avec peu de chlorures. Trouble à son émergence l'eau, au bout de quelques jours, s'éclaircit et donne un dépôt jaune rouille soluble dans l'acide chlorhydrique à froid.

Captage de l'eau

Le problème du captage consiste à recueillir l'eau minérale pure et en quantité maximum, au point de sortie de son gîte géologique.

Actuellement, à Absalon, lorsque l'établissement de bains est fermé, le niveau de l'eau monte dans le bassin de captation et déborde par le trou de visite ; à la mise en marche, le niveau s'abaisse de 1 m. 50 et on recueille, non seulement l'eau du réservoir,

(1) Ce bassin, en maçonnerie, a une capacité de 24 m. cub.

mais encore celle qui a séjourné dans les terrains environnants, d'où probabilité de pollution.

Les travaux suivants semblent donc nécessaires :

a) Nettoyage et dégagement des griffons, mais sans forage, on risquerait de perdre la source, et l'eau n'y gagnerait rien.

b) Le bassin actuel serait à transformer pour servir de puits de captation à niveau constant.

A cet effet, il faudrait : boucher les fissures des parois, bétonner le fond, puis diminuer le volume en le ramenant à un ou deux mètres cubes. Le niveau de l'eau serait main tenu constant grâce à un trou d'évacuation convenablement disposé.

Le point capital sera le choix de la hauteur d'eau à maintenir dans le puits de captation. Pour augmenter le débit, on aura intérêt à abaisser le plus possible le niveau d'émergence, au contraire pour écarter les infiltrations superficielles et assurer la pureté bactériologique de l'eau, il pourra être nécessaire de maintenir l'émergence suffisamment haut.

Des expériences préciseront le niveau d'écoulement donnant le débit maximum compatible avec la pureté désirable (voir figures p. 83).

Débit de la source

Des mesures ont été effectuées en décembre 1934, janvier 1935, novembre 1936 et avril 1937.

Le débit liquide a été mesuré à la canalisation de vidange du bassin et a donné 54 litres à la minute.

Le débit des gaz spontanés a été beaucoup plus difficile à déterminer, étant données les nombreuses émergences répandues dans le fond du bassin récepteur. Nous les avons mesurées séparément à plusieurs reprises, leur total approximatif donne 1,225 litres par seconde, le griffon le plus important à lui seul donne 0l,800 par seconde.

Température de l'eau

Il est évident que l'observation suivie des températures de l'eau d'une source minérale, à l'émergence, doit fournir des indications intéressantes sur l'origine et le mode de circulation des eaux qui l'alimentent.

S'il y a mélange de l'eau minérale proprement dite avec des eaux d'infiltration, une température constante indiquera une circulation interne fort lente des eaux d'infiltration et sera douc le reflet d'une épuration convenable. Si des perturbations notables sont notées dans la température, elles pourront indiquer que l'on a affaire à des eaux parasites de ruissellement. Les chutes de pluie, les crues du torrent voisin seront à noter en même temps que les prises de température, pour fixer, le cas échéant, la cause et l'origine de la perturbation.

Des mesures de température que nous avons effectuées à différentes époques, il résulte que l'eau d'Absalon a une température assez constante.

Dates	Température de l'eau	Température de l'air
Décembre 1934 ..	36°1	24°2
Janvier 1935	36°2	24°4
Novembre 1936 ..	36°2	24°5
Avril 1937	36°2	24°0

Si toute l'eau est d'origine interne, on en déduit que son niveau le plus bas est à environ 360 mètres de profondeur, en donnant une valeur de 30 mètres au degré géothermique.

Les eaux d'origine superficielle peuvent avoir une influence sur le débit et sur la température, ce que l'on pourrait contrôler en faisant des comparaisons entre les chiffres obtenus à des époques différentes, notamment en saison sèche.

Si pour une période sèche, bien étudiée, où les apports d'eau superficielle sont nuls, on a un débit a et une température t et qu'à une période pluvieuse la source donne un débit A et une température T avec $A > a$, $T < t$; on pourra écrire :

$$a\,(t - T) = (A - a)\,(T - x)$$

d'où x la température de l'eau parasite.

Si cette eau parasite s'est infiltrée au voisinage de l'émergence, x sera sensiblement la température de l'eau de pluie.

Si $x >$ que la température de l'air, c'est que l'infiltration s'est faite assez profondément pour ne pas nuire à la valeur de l'eau. Il sera prudent de toutes façons de faire une analyse bactériologique.

Mesures de la résistivité de l'eau

Trois décrets importants revisant la réglementation des eaux minérales ont été pris le 30 avril 1930 par le ministre de la santé publique. L'article 4 (1er paragraphe) du premier de ces décrets dit : « Il est procédé par l'ingénieur des mines à la mesure du débit de la source en eau et en gaz, de sa température au point d'émergence, de sa résistivité électrique en ohms centimètres, etc. ».

La détermination de ces mesures physiques doit fournir des éléments caractéristiques des eaux minérales.

La résistivité est particulièrement intéressante à déterminer. C'est une notion équivalente à celle de l'extrait sec, mais acquise d'une façon rapide et facilement renouvelable.

En effet, la conductibilité d'une eau est proportionnelle à la quantité de sels minéraux en dissolution, elle permet donc d'évaluer la minéralisation globale. Si la conductibilité est constante, c'est que la composition chimique de l'eau est constante, si l'on note des variations notables dans la conductibilité, on en déduit de suite une variation de composition chimique due à des apports d'eaux étrangères, des analyses chimiques et bactériologiques s'imposeront aussitôt.

Notons en outre que la mesure de résistivité de l'eau minérale à son émergence, à son point d'utilisation (buvette, bain) au moment de sa mise en bouteilles, et dans les bouteilles est un excellent moyen pour contrôler rapidement si l'eau ne se souille pas ou n'est pas falsifiée au cours de ces opérations.

Connaissant la résistivité de l'eau en régime normal, une mesure en période perturbé permettra par un calcul fort simple de déduire la proportion d'eau parasite qui s'est introduite dans la source.

Nous avons effectué les mesures de résistivité des eaux d'Absalon à l'aide d'un pont de Kohlrausch, la cuve où l'eau a été examinée est en ébonite, son coefficient a été déterminé à l'aide d'une solution de chlorure de potassium de résistivité connue. Les mesures ont été ramenées comme à l'ordinaire à 18°.

Dates	Température de l'eau	Résistivité à 18°	Conductibilité en $\frac{1}{w}$
Janvier 1935 .	34°	428 ohms	$2{,}33 \times 10^{-3}$
Novemb. 1936.	34°	440 —	$2{,}28 \times 10^{-3}$
Avril 1937 ...	34°	433 —	$2{,}30 \times 10^{-3}$

Les eaux de Vichy (source Grande-Grille) donnent une résistivité de 163 ohms, les eaux d'Allevard une résistivité de 409 ohms, celle d'Aix-les-Bains 1640 ohms.

Mesures du *pH* de l'eau

Nous rappelons que l'on désigne par le symbole pH le logarithme de la valeur réciproque du facteur de normalité par rapport aux ions hydrogène. Plus simplement, la détermination du pH d'une eau sert à évaluer sa concentration en hydrogène et permet de caractériser soit son acidité, soit son alcalinité, soit sa neutralité.

Une eau neutre est caractérisée par un pH = 7.

Une eau alcaline par un pH compris entre 7 et 14.

Une solution acide par un pH compris entre 7 et 1.

Pour les eaux minérales, le pH varie beaucoup avec la teneur en gaz carbonique, aussi l'avons-nous déterminée sur l'eau prise au griffon et sur la même eau abandonnée à l'air libre.

Dates	Au griffon	24 h. après
Janvier 1935	6,2	6,8
Novembre 1936..	6,2	6,6
Avril 1937	6,2	6,8

Mesures radioactives. — Les mesures radioactives d'une eau ne présentent pas un intérêt immédiat pour déterminer sa constance. Néanmoins, elles complètent les recherches faites sur cette eau et peuvent en préciser l'origine et surtout contribuer à donner des indications sur ses propriétés thérapeutiques.

Les mesures radioactives comprennent généralement :

1° Le dosage du radon (émanation du radium) dans les gaz spontanés et dans l'eau.

2° La recherche du thoron (émanation du thorium).

3° Le dosage du radium contenu dans l'eau.

La radioactivité des eaux étant presqu'entièrement due à l'émanation du radium, gaz radioactif engendré par la destruction spontanée du radium, nous nous sommes contentés provisoirement du dosage de ce corps.

Le dispositif employé est celui utilisé au laboratoire d'hydrologie du Collège de France.

Nous avons trouvé, après avoir fait toutes corrections utiles (âge du gaz, influences de la pression, du gaz carbonique), 0,040 millimicrocuries par litre de gaz pris à l'émergence. On voit de suite que la source est faiblement radioactive.

Analyse des gaz. — Nous avons recherché sur la cuve à mercure la composition des gaz spontanés, c'est-à-dire des gaz qui s'échappent librement.

Nous avons obtenu la composition centésimale suivante :

CO^2	99,5
O	traces
H^2S	néant
Gaz combustibles	néant
Résidu azoté (Az. et gaz rares)...	0,5

A. Romer,

Chef du service de Physique du Globe Fort-de-France (Martinique).

La période de transition mai-juin 1936 sur la côte du Sénégal et de la Mauritanie

Du 1er au 7 mai 1936, la tension de vapeur se maintient à Saint-Louis (Sénégal) entre 12 et 15 mm. Elle dépasse 20 mm. du 8 au 13. Elle est encore supérieure à 17 mm. les 22 et 23 et les 29 et 30 mai, cependant la moyenne mensuelle se maintient entre 15.5 et 16 mm.

Les périodes de tension élevées correspondent à des périodes de mousson : les 6, 7, 8 mai le vent souffle de S.W à W., de même les 29, 30 et 31, les 9, 10, 11 et 12 mai la mousson alterne avec l'harmattan.

La mousson est faible : 2 m/sec. et le composé mousson-brise de mer plus fort : 6 m/sec.

La température moyenne est supérieure de 2° à celle du mois correspondant de l'année précédente. La nébulosité est également plus élevée. Ces faits, joints au manque total de rosée, nous ont permis d'écrire que l'hivernage avait débuté dans la région.

Nous sommes effectivement en période de transition, en avance de près d'un mois sur l'année précédente.

Durant ce mois de mai, des pluies provenant de grains orageux, du secteur N.E. en général, formés dans les régions N.E de Mauritanie, ont arrosé la plus grande partie de la colonie Mauritanie et la vallée du fleuve Sénégal. Certaines de ces pluies ont atteint Saint-Louis ; elles ne sont que les dernières et faibles manifestations de systèmes orageux importants.

Par exemple : dans la nuit du 12 au 13 mai, Saint-Louis enregistre des gouttes d'eau de 6 heures à 6 h. 45, mais le temps, dans la nuit, entre Saint-Louis et le Rio de Oro, est le suivant :

A 1 h. 15 T. M. G., dans la région de Saint-Louis :

Vent au sol		N.N.W.	6 ms
	à	200 N.	29 kms
de	400 à	600 N.N.E.	30 à 36
de	800 à	1.200 N.E.	30 à 35
de	1.400 à	1.800 E.N.E.	35 à 55
de	2.000 à	2.600 S.E.	40 à 45

Vent du secteur sud de 30 à 40 ensuite.

Le temps est couvert par des nuages moyens.

A la hauteur de Biack, et à 3.800 mètres d'altitude, il pleut. Aux environs de Nouakchott il pleut également et des grains violents sont notés en altitude (4.000 mètres).

Plus au Nord, les grains disparaissent et sur le pac Timiris la pluie elle-même disparaît ; le temps est plus clair.

Mais aux environs de Port-Etienne, et surtout vers 2 h. 30 T. M. G., le temps est couvert, il pleut et les éclairs sont nombreux, le vent, du sol à 200 mètres, est Nord, puis N.E. jusqu'à 500 mètres et passe progressivement au S.E. (1.000 m.), au S. (1.400-1.500 m.) et enfin, au S.S.W. (1.600 m.). Nulle part sa vitesse ne dépasse 30 kilomètres.

La température est d'un degré supérieure à celle de Saint-Louis.

A 2 h. 37 le terrain d'aviation de Port-Etienne est inondé rapidement mais la pluie dure peu sur l'escale.

A Cisnéros, le vent souffle du N.E. ou de l'Est, de 100 à 800 mètres. A 1.000 mètres, il passe à l'Ouest puis au N.W. jusqu'à 3.200 mètres avec de grandes vitesses (60 en moyenne). De 3.400 à 3.600 mètres il est Ouest puis W.S.W., 80 kilomètres à 3.800 mètres. La nébulosité est de 8/10.

Mais, fait curieux, sur le sud du Rio de Oro, vers 4.000 mètres d'altitude, dans les intervalles des masses nuageuses, il neige (renseignements transmis par la radio à l'avion d'Air-France, avion Am-Fram du 13-5-36, 3 h. 40 T. M. G., par le travers Atar au gonio) mais cette neige n'arrive évidemment pas jusqu'au sol sous cette forme : dans cette région il pleuvait depuis plusieurs jours.

A la suite de ce temps, le terrain d'aviation de Cisnéros fut impraticable pendant plusieurs jours.

***

Durant le mois de juin, nous avons vu la période de transition hiver-hivernage prendre fin, même sur la côte. Les vents normaux redeviennent :

	mousson	brise de mer
	harmattan	harmattan
puis simplement		
	harmattan.	

La direction des cirrus elle-même s'établit Est, donc l'harmattan occupe bien, jusque dans la partie supérieure de l'atmosphère observée, sa place considérable d'hivernage, le contre-alizé ayant disparu.

Nous ne nous étendrons pas sur les caractéristiques du mois climatologique à Saint-Louis.

Cependant il y a lieu de remarquer l'augmentation de la visibilité vers le milieu de la journée. Celle-ci est, en effet, due, non seulement au jeu des courants aériens qui peuvent abaisser la visibilité ou clarifier l'atmosphère suivant un processus indiqué dans des précédents articles (1), mais aussi à une diminution de l'humidité de l'air au fur et à mesure que le soleil monte, et à un éclairement plus grand, sauf évidemment lorsqu'il y a brume sèche.

***

La principale particularité du mois de juin 1936 réside dans l'importante nappe de brume sèche qui a couvert tout le Sénégal et la Mauritanie, ainsi que l'indiquent les radiométéos des stations de ces colonies et le journal de bord de l'avion Am-Fram, d'Air-France qui effectua le voyage Dakar-Casablanca, du 3 au 4 juin :

A 1 h. 45 T. M. G., alors qu'il survolait la région du Bas-Sénégal, le radio du bord signalait : « Rien vu depuis Dakar ».

A 2 h. 45, alors qu'il survolait approximativement la baie de Tanik, ayant droit devant lui le gonio de Cisnéros, l'avion signalait : « Visibilité nulle, volons en P. S. V. intégrale. Altitude 2.300 mètres ».

A 3 h. 45, l'avion vole toujours en pilotage sans visibilité intégrale par le travers de Port-Etienne, vers 1.500 mètres.

A Cisnéros, la station indique : ciel 9/10 couvert à 500 mètres et l'avion signale qu'à cette latitude il voit le sol.

Il s'ensuit donc : 1° que la nappe de brume sèche régnait au moins sur tout le Sénégal Nord, la Mauritanie et le Rio de Oro, qu'elle était très dense jusqu'aux environs du tropique et qu'elle s'atténuait progressivement ensuite, pour disparaître sur le Sud marocain puisque Agadir indiquait, dans le même temps, 8/10 couvert vers 800 à 1.200 mètres et brume sur l'horizon Sud, mais une visibilité de 25 kilomètres.

2° Que cette brume s'étendait en altitude, probablement dans toute la couche de vent d'Est, lequel soufflait dès 500 à 800 mètres, suivant le moment de la journée, sur la côte.

C'est dans la matinée du 2 juin, entre 8 et 9 heures T. M. G., que l'on commence à noter la brume à la côte. Cette brume sèche, composée de poussières, est véhiculée par le vent d'Est. La visibilité horizontale, de 15 kilomètres à 9 heures, descend progressivement à 1 kilomètre à 18 heures le 22. Elle remonte la nuit et, au lever du soleil, elle est, le 23, de 8 kilomètres pour s'abaisser jusqu'à 0 k. 400, le soir.

Dans la nuit du 3 au 4 la situation était celle décrite précédemment ; le lendemain, le télégramme suivant pouvait être adressé à Dakar : « Brume poussières harmattan persiste Sénégal-Mauritanie. Visibilité verticale et horizontale : 400 à 1.000 mètres, s'éclaircit Rio de Oro. Disparaît Sud Agadir. »

« Eclaircie courant nuit 3 au 4 permit noter nébulosité 0 Saint-Louis, 9/10 Cisnéros ; 8/10 Agadir nuages bas. Pas amélioration prévue. »

Le 4 juin la brume persite et la visibilité se maintint entre 800 et 2.000 mètres, le minimum ayant lieu au milieu de la journée et une éclaircie se produisant la nuit sous l'influence du vent d'Ouest plus fort.

Les 5 et 6 juin, la brume persiste mais s'éclaircit. Elle règne surtout en altitude, elle empêche la notation des nuages mais permet de sonder jusqu'à 2.500 mètres et de noter la présence constante de l'harmattan dès 500 ou 800 mètres.

Cette nappe de brume était formée de sable et de poussières provenant des régions désertiques du Djouf, du Ténéré et du Tanezrouft ; elle était véhiculée par l'harmattan soufflant au sol, du N.E. au S.S.E., dans ces régions, depuis les 27-28 mai.

En effet, les derniers jours de mai et les premiers de juin ont été signalés brumeux avec harmattan soufflant au sol ou à faible altitude, aussi bien par les stations de Mauritanie que par celles de Bilma, d'Agadez , de Gao et de Tamanrasset.

En somme, cette nappe s'est étendue, pendant près de huit jours, sur toute la partie de l'Afrique occidentale comprise au nord du 15e parallèle.

PH. PICQ.

Ingénieur-Météorologiste, Saint-Louis (Sénégal).

(1) « Origine des faibles visibilités et des brouillards d'hiver sur la côte du Bas Sénégal ». *Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-Mer* n° 17, octobre 1936, et « Les courants aériens au-dessus du littoral du Bas-Sénégal et les variations de la visibilité ». Communication au 60e Congrès de l'Association Française pour l'Avancement des Sciences, 1936.

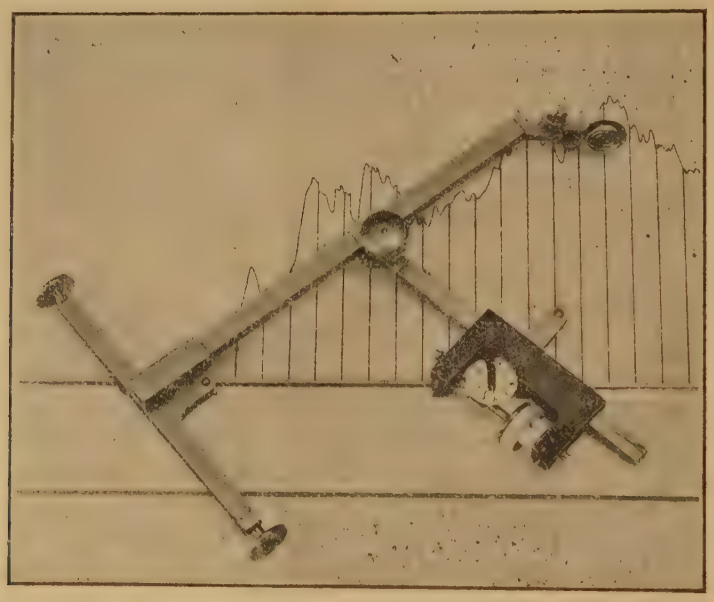
Intégrimètre pour la détermination rapide d'ordonnées moyennes et pour la construction de la courbe intégrale

Avec les planimètres ordinaires, il est nécessaire, pour mesurer l'aire d'une surface, de parcourir complètement le pourtour de cette surface avec la pointe conductrice. Si, par exemple, on désire mesurer sur un diagramme l'intégrale comprise entre deux limites déterminées, il faut suivre complètement le pourtour de la surface limitée par les deux ordonnées considérées, l'axe des abscisses et la portion de courbe comprise entre ces deux ordonnées. En conséquence, pour mesurer des ordonnées moyennes, il faut suivre avec la pointe conductrice autant de circuits fermés qu'il y a de moyennes à calculer, ce qui est long et fastidieux.

Lorsque la règle de l'intégrimètre représenté sur la figure ci-contre est placée contre l'axe des x, l'instrument permet le calcul d'une telle intégrale en suivant simplement la portion de courbe considérée. L'intégrimètre est en effet établi de manière que les variations de lecture de la roulette intégrante soient proportionnelles à $y\,dx$: cette roulette ne tourne pas lorsqu'on suit une ordonnée ou l'axe des x.

Donc, pour calculer les ordonnées moyennes partielles successives, il suffit de suivre la courbe et de s'arrêter au droit des abscisses choisies, pour lire sur la roulette les valeurs permettant de calculer ces moyennes. En reportant sur des parallèles à l'axe des y les valeurs lues au droit de celles-ci on obtient des points qui, joints, donnent la courbe étudiée.

Lorsque la règle est orientée d'une manière quelconque par rapport à la surface à mesurer, l'utilisation a lieu comme dans le cas d'un planimètre linéaire, c'est-à-dire qu'il est nécessaire de faire le tour complet de la figure.



Il semble que ce nouvel instrument (1) doive rendre d'importants services dans le dépouillement des diagrammes des appareils enregistreurs utilisés en météorologie.

J. B.

(1) Ott, constructeur.

NOTES ET INFORMATIONS

Au **Piton des Neiges**, montagne culminante de l'île de la Réunion, une station météorologique d'enregistreurs a été récemment installée.

Par arrêté du Ministre des Colonies en date du 10 février 1937, modifiant l'arrêté du 6 juillet 1936, M. Rogez (André), ancien élève de l'Ecole Polytechnique, reçu au concours d'octobre 1935, a été nommé Ingénieur-Météorologiste adjoint stagiaire et affecté au Cameroun.

Par arrêté du Ministre des Colonies en date du 10 février 1937, modifiant l'arrêté du 23 décembre 1936, M. Le Meltier (Georges), Ingénieur agronome, reçu au concours d'octobre 1935, a été nommé Ingénieur-Météorologiste adjoint stagiaire et affecté à l'Afrique Equatoriale Française.

En vertu des dispositions du **décret du 18 septembre 1936** astreignant les Ingénieurs Météorologistes adjoints stagiaires à effectuer une partie de leur stage à l'Administration centrale (Service Météorologique), MM. Rogez et Le Meltier ont effectué un stage de 3 mois avant de rejoindre leur destination coloniale.

La **Commission Coloniale de la section d'Hydrologie Scientifique** s'est réunie le 18 juin 1936 au Ministère des Colonies, sous la présidence de M. Diénert, Président.

Les principales communications présentées sont celles de M. Russo sur l'hydrogéologie de la région de Rabat ; — de M. Bourcart sur l'ensablement du port de Rabat ; — et de M. Frolow sur la propagation des composantes le long du Niger.

La **Conférence Météorologique d'Extrême-Orient** s'est tenue à Hong-Kong, en janvier 1937, sous la présidence de M. Bruzon, Chef du Service Météorologique de l'Indochine.

La **Commission française de l'Année Polaire** a tenu séance, à l'Institut de Physique du Globe, le 4 décembre 1936, sous la présidence de M. Fichot, Membre de l'Institut.

La Commission a abordé notamment la préparation du tome II des publications. Ce tome comprendra les travaux de MM. Dauvillier (Electricité atmosphérique), Lapayre (Observations actinométriques à Bangui), J. Rothé (Courants telluriques), Habert (Aurores polaires, propagation des ondes radioélectriques, historique), Failletas (Observations actinométriques à Tamanrasset, historique).

La **Commission internationale de Météorologie aéronautique**, créée à Varsovie, par le Comité des Directeurs des Services Météorologiques, a tenu, à Paris, sa première cession, du 3 au 9 juin 1937, sous la présidence de M. Bureau, sous-directeur de l'Office National Météorologique. Le Ministère des Colonies était représenté à cette session. Il sera rendu compte dans un prochain numéro des importantes décisions prises au cours de cette session.

La **section d'océanographie physique** du Comité français de Géodésie et Géophysique s'est réunie le 16 décembre 1936, sous la Présidence de M. Fichot, membre de l'Institut. Parmi les communications présentées on signalera ici celle de M. Fichot sur les derniers travaux du Commandant Charcot ; celles de M. l'Ingénieur Général Cot, sur le Congrès d'Edimbourg et sur les travaux du Service hydrographique ; celle de M. l'Inspecteur Général Hubert sur la Commission pour l'étude des raz de marées ; celle de M. Le Danois sur les croisières du « Président Théodore Tissier » ; enfin celle du Commandant Rouch sur les moulins d'Argostoli.

Le **Comité météorologique international** et les Commissions de Météorologie agricole et des Renseignements synoptiques de l'Organisation météorologique internationale se réuniront à Salzbourg (Autriche) en septembre 1937.

La **Commission de photographie et de cartographie aériennes** s'est réunie les 22 décembre 1936 et 26 janvier 1937, sous la présidence de M. le Général Perrier, Membre de l'Institut. Elle a examiné notamment l'emploi des émulsions sensibles aux radiations rouges et infrarouges et a envisagé l'organisation d'un concours international de photographie aérienne. Le vœu a été émis que les colonies françaises participent à cette manifestation.

BIBLIOGRAPHIE

TILHO (Jean). — **Le Logone quittera-t-il le bassin du Tchad ?** (*Rev. Gén. des Sc. pures et appliquées*, 1935, N° 23, p. 652).

TILHO (Jean). — **Extrait d'une lettre** (*C. R. Ac. Sc.* 1936, t. 202, p. 532).

TILHO (Jean). — **A propos du lac Tchad** (*Bull. Comité Afrique française*, 1937, N° 5, p. 265).

Après avoir indiqué qu'au moment de la crue les eaux du Logone s'écoulaient partiellement dans le Mayo Kebbi, affluent de la Bénoué, et que la pente du terrain était plus forte entre le Logone et le Mayo Kebbi que dans la vallée du Logone proprement dite, M. le général Tilho a entrepris une mission scientifique dans la région où la capture partielle est déjà réalisée.

Ses observations ont mis en évidence les particularités suivantes :

Le point le plus faible est le coude du Logone à Eré ; le fleuve y a d'ailleurs déjà envahi l'ancien lit de la Tandjilé. Sa rive s'incurve d'environ 3 mètres par an et compte 17 brèches par lesquelles l'eau s'écoule vers la Mayo-Kebbi, dès que la crue du Logone atteint 2 m. 80. La berge du fleuve est plus élevée que les terrains en bordure qui la soutiennent et la pente du terrain dans la dépression de capture est constamment descendante (valeur 1/2500 à 1/8200) et nettement supérieure à celle du Logone lui-même.

Enfin, bien que la crue de 1935 ait été plus forte d'un mètre que celle de 1934 en amont d'Eré, elle a été plus faible d'un mètre, au contraire, en aval de ce point, les eaux ayant passé en grande partie dans le bassin de la Bénoué. Pour parer au danger de capture, évidemment pressant, le Général Tilho préconise de diminuer la hauteur de la crue du Logone par la construction de barrages de retenue en des points judicieusement choisis d'au moins deux des quatre rivières-mères du Logone : la Mbéré, la Mvina, la Lim et la Pendé.

***

LEJAY (Pierre). — **Nouvelles déterminations de la gravité au Tonkin au Laos et en Annam** (*C. R. Ac. Sc.* 1936, t. 202, p. 362).

Cette étude fait suite celle déjà faite en Chine par le R. P. Lejay. La valeur de la gravité obtenue est donnée pour 55 stations nouvelles de l'Union Indochinoise française.

De plus, 14 déterminations de contrôle permettent de constater que la stabilité et la précision remarquables du pendule avant un accident survenu à Tchépone se sont trouvées en partie détruites par celui-ci.

***

POISSON (Charles) et SAVORNIN (André). — **Les anomalies magnétiques au sommet du Rantoandro** (*C. R. Ac. Sc.* 1936, t. 202, p. 806).

Après un long séjour au sommet du Rantoandro, les résultats suivants ont été trouvés :

1° Dans toute la moitié ouest du sommet, où les pentes sont moins raides et la roche plus altérée en surface, les variations des éléments magnétiques restent modérées.

2° Sur le versant est abrupt, bordé de blocs rocheux magnétipolaires, les variations sont intenses. Près de l'un de ces blocs, situé à 40 m. à l'E.-N.-E. du signal, la déclinaison à 10 m. ouest de ce bloc est 52°,3 E ; elle devient 39°,7 W à 1 m. de sa face sud et 38°,2 E à 1 m. de sa face nord.

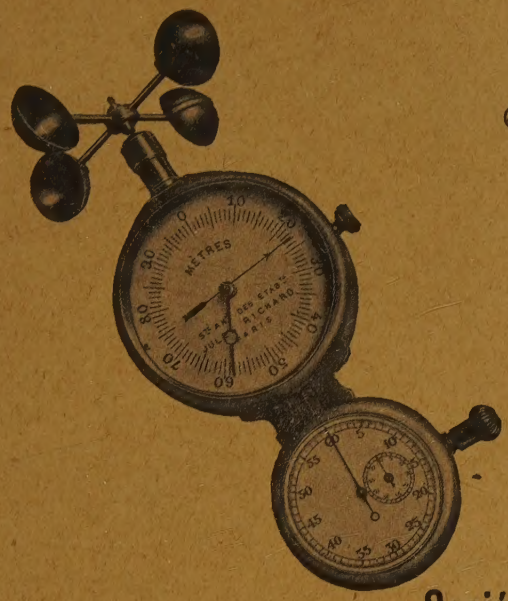
3° Un foyer actif a été trouvé sur la ligne de crête, à 35 m. au sud du signal.

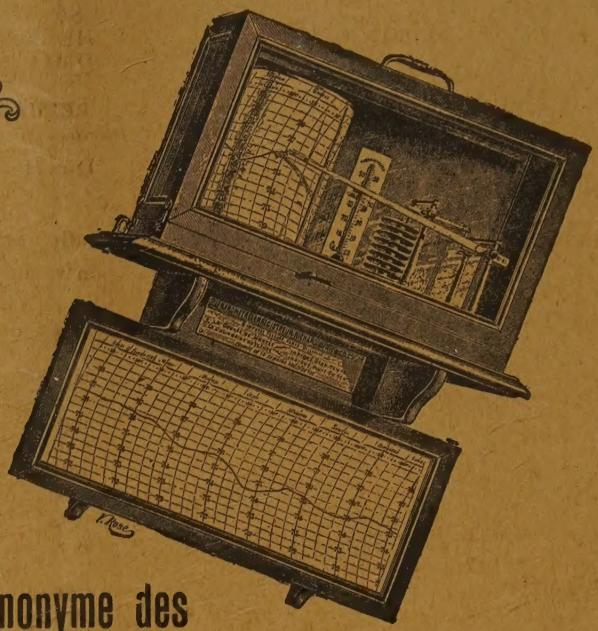
4° Un foyer encore plus actif correspond à la station de Colin (1904). Il est formé d'une masse rocheuse dure partant du pied nord du signal et s'étendant au Nord et au Nord-Ouest.

Les anomalies magnétiques, sur ce sommet basaltique, sont intenses mais peu étendues et ne peuvent constituer un danger sérieux pour la sécurité de la tenue de route aérienne à l'aide du compas d'avion.

L'Éditeur-Gérant : R. PINARDON.

Rochefort-sur-mer. — Imprimerie A. Thoyon-Thèze, 121-123, rue Pierre-Loti. — 1937





Société Anonyme des

Etablissements Jules RICHARD

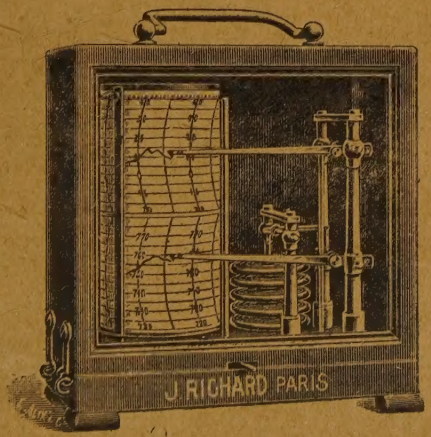
25, Rue Mélingue, PARIS (20e)

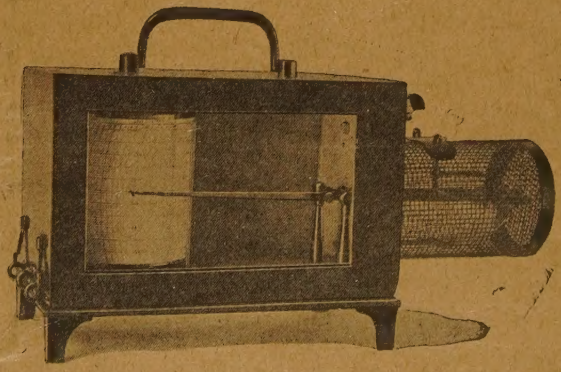
Tél. : Botzaris 88-80 — Tél. : Botzaris 88-80

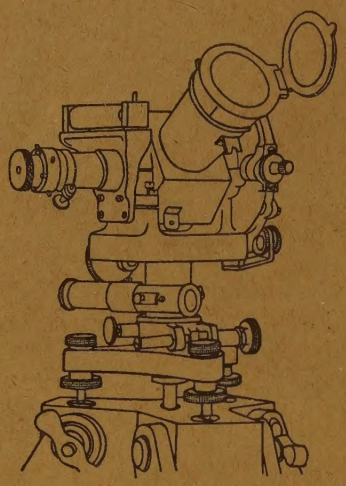
INSTRUMENTS DE PRÉCISION

de Mesure et de Contrôle

pour les Sciences et l'Industrie







A. BERTHELEMY - LORIEUX - PONTHUS et THERRODE

Etabts Albert LEPETIT & Cie

Société en commandite simple. Capital 1.000.000 de francs

Constructeurs

20, Rue Marie Debos, à Montrouge (Seine)

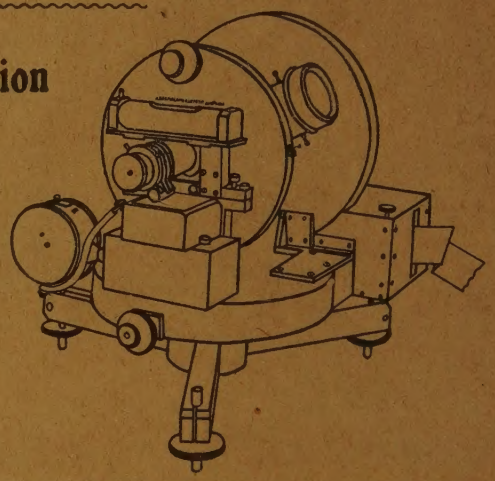
Tél. Alésia 26-37 — Ad. tél. Ponrode Paris 14

Fournisseurs des Ministères des Colonies, de la Marine, du Service Géographique de l'Armée.

Instruments de Précision

pour

— la Topographie, la Marine —
l'Aviation, la Météorologie, etc...



THÉODOLITES SIMPLES ET ENREGISTREURS
POUR LE REPÉRAGE DES BALLONS-SONDES

Catalogues franco sur demande

Rég. Comm. Seine 229-817B

ROSENMULLER
DRESDEN

ANÉMOMÈTRES
POUR TOUTES VITESSES
(à partir de 0,02 m/sec.)

GIROUETTES

TUBES DE PITOT

MICROMANOMÈTRES

LAMBRECHT
GÖTTINGEN

HYGROMÈTRES

PSYCHROMÈTRES

BAROMÈTRES

PLUVIOMÈTRES

EVAPOROMÈTRES

HÉLIOMÈTRES

A. OTT
KEMPTEN

PLANIMÈTRES
INTÉGRAPHES
ANALYSEUR-HARMONIQUE

—

ENREGISTREUR
DE MARÉE ET DE HOULE

—

APPAREILS
POUR L'ÉTUDE
DES COURANTS D'EAU

J. BAROT

Représentant exclusif
pour la France et les Colonies

20, Rue de Varenne, PARIS (7e)

Catalogues franco sur demande

Rochefort-sur-mer. — Imprimerie A. Thoyon-Thèze. — 1937.